



EXAMENSARBETE INOM TEKNIK,
GRUNDNIVÅ, 15 HP
STOCKHOLM, SVERIGE 2018

Blockkedjor för återvinning

KARL ANDRÉN

ALBIN ANDRÉ

Karl André
Kungliga Tekniska Högskolan,
Skolan för elektronik och datavetenskap
karlandr@kth.se

Albin André
Kungliga Tekniska Högskolan,
Skolan för elektronik och datavetenskap
albinand@kth.se

Blockkedjor för återvinning

Abstract

Electronic devices rapidly advance technologically, and the length of their lifespans decrease. A large amount of the e-waste this generates is never recycled. A significant portion of it is handled in a way that is harmful to the environment, and unsustainable in many regards. Electronics, specifically mobile phones, contain precious, and hazardous metals. When old mobile phones aren't turned in, and thus never cycled back, we lose the opportunity to reuse these precious metals. If the waste is not disposed of, it can end up in places where they cause harm to the environment. This paper explores the possibility of using blockchain technology to develop a reliable waste management system for electronics, foremost mobile phones. The purpose is to increase reuse, and recycling, to make use of finite resources, and decrease environmental impact. In order to demonstrate the viability of the idea, a prototype for this technology was developed for this study. With the help of blockchain technology, smart contracts, and RFID it is possible to create a decentralised, and transparent tracking system for products. A system such as this is resistant to cheating, and corruption of data, and it forms a reliable way for anyone to track a product's life cycle. This means when and where the product is manufactured, who owns it, and to what places and entities it arrives when it is recycled. This also means that the ID or RFID of the product is stored in the blockchain, and is unique. With this, smart contracts can be tied to specific products. Under these conditions, it is possible to develop a deposit-refund system which can increase reuse, and recycling of mobile phones.

Sammanfattning

Elektroniska apparater utvecklas snabbt, och deras livslängder blir kortare. Mycket av andelen elektronikavfall som detta genererar återvinns inte. En stor andel hanteras på ett sätt som är skadligt för miljön och ohållbart i flera avseenden. Elektronik, specifikt mobiltelefoner, innehåller knappa och miljöfarliga metaller. När mobiltelefoner inte

återvinns, och därmed aldrig cirkulerar, går vi miste om möjligheten att återvinna dessa dyrbara metaller. Om avfallet inte omhändertas kan det även hamna på platser där de skadar miljön. Denna studie undersöker möjligheten att använda blockkedjeteknik för att utveckla ett pålitligt avfallshanteringssystem för elektronik, framför allt mobiler. Målet är att öka återanvändning och återvinning, för att ta vara på begränsade resurser, samt minska miljöpåverkan. Genom detta arbete utvecklades en prototyp för denna teknik, för att visa på idéns möjlighet att genomföras. Med hjälp av blockkedjeteknik, smartkontrakt, och RFID går det att skapa ett decentraliserat och transparent spårningssystem av produkter. Ett sådant system är resistent mot korrupt data och fusk och tillför ett pålitligt system för att vem som helst skall kunna spåra en produkts livscykel. Detta avser var och när produkten är skapad, vem som äger den, och till vilka platser och entiteter den anländer när den skall återvinnas. Det medför även att produktens ID eller RFID är sparat inom blockkedjan, och är unikt. Alltså kan smartkontrakt knytas till en specifik produkt. Med dessa förutsättningar går det att utveckla ett slags pantsystem som kan öka återanvändning och återvinning av mobiltelefoner.

Nyckelord

Återvinning, blockkedjor, smartkontrakt, elavfall

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Svenskar har idag miljontals begagnade mobiltelefoner som de sparar på men som ej används. År 2015 uppskattades antalet vara fler än 11,8 miljoner¹. Med mobiltelefonindustrins hastiga teknologiska utveckling blir produkter snabbt utdaterade och ersatta. I många fall är de fortfarande funktionsdugliga. Detta leder till att gamla mobiler sparas istället för att de återvinns eller återanvänds genom att säljas vidare.

¹ <https://www.dagensanalys.se/2015/11/118-miljoner-begagnade-mobiler-i-svenskarnas-byralador/>

Tidigare forskning kring ämnet är relativt begränsad eftersom denna studie undersöker en ny utveckling. Teknologier som tar användning av blockkedjor är nya och än så länge relativt oetablerade. Teknikindustrins teknologiska utveckling har accelererat på senare år vilket betyder att relevant statistik snabbt blir utdaterad. De undersökningar som utförts målar ändå en bild av ett växande behov av att återanvända material från el-avfall, i så kallat *urban mining*, både från ett ekonomiskt, och miljövänligt perspektiv [1]. Det finns en outnyttjad tillgång av gamla oanvända mobiler som lagras av allmänheten. Det finns också anledning att tro att det går att öka graden till vilken personer återvinner sina ersatta mobiler. [2]

En storskalig studie som utfördes på studenter från högskolor och universitet i Storbritannien fann att nästan 60% av ersatta mobiltelefoner sparas, främst som reserver, och många studenter ersätter sina mobiler minst en gång om året. Det finns potentiellt en gigantisk källa av el-avfall i form av oanvända mobiltelefoner i allmänhetens innehav. Enbart bland studenter i högre utbildning finns uppskattningsvis 29,3 respektive 28,1 miljoner lagrade mobiler i Europa och USA. Personer som i högre grad återvinner annat avfall har ingen signifikant inverkan på deras handlingar när det gäller ersatta mobiler. De var dock mer villiga att delta i återlämningstjänster. Ekonomiska drivkrafter som utbetalningar eller kuponger hade den största påverkan på studenternas benägenhet att lämna tillbaka gamla mobiler. Därefter kom tillgänglighet och användarvänlighet. [2]

ICT-industrin står för 2-3% av det globala koldioxidavtrycket. [3] Utvecklandet, tillverkningen och distributionen kräver mycket energi främst i produktionen av datorer och andra trådlösa telekommunikationsapparater såsom mobiltelefoner. Energibehovet av användandet av dessa produkter bidrar även till koldioxidavtrycket, och denna siffra förväntas öka [3]. Beroende industrier som gruvdrift har även stora koldioxidutsläpp.

I och med dagens ökning av teknologiska produkter, samt elavfallet som det resulterar i, uppkommer ekonomiska, och miljörelaterade problem. Att utvinna dyrbara metaller från flödet av avfall, så kallat Urban mining, föreslås som en lösning till många av de problemen. Gruvdriften som livnära teknikindustrins växande behov av dyrbara begränsade metaller är inte hållbart, varken ekonomiskt eller miljömässigt. Flödet av elektronikavfall ökar snabbt och det kommer växa till ett stort problem. Urban mining är ett sätt att

hantera dessa problem till fördel av miljön. Detta är även potentiellt mer kostnadseffektivt än gruvdrift för att utvinna nytt material. [1]

Ädelmetaller är inte det enda potentiellt viktiga som skulle behöva återvinnas från mobiltelefoner, men idag är det endast det som är ekonomiskt lönsamt att utvinna. Med nya återvinningsmetoder kan det i framtiden bli det lättare och mer lönsamt att även ta till vara på de andra grundämnen som mobilerna innehåller, inklusive miljöfarliga ämnen. [4] [5] Hanteringen av elektronikavfall som hamnar i utvecklingsländer är ofta bristfällig ur en hållbarhetssynpunkt. [6] Utvecklad infrastruktur och lagstiftning skapar stora problem och har negativa effekter på hälsa och miljö. [7]

En anledning till att individer inte lämnar in sin telefon kan vara på grund av bristen av försäkringen att telefonen omhändertas på rätt sätt och av pålitliga entiteter. En stor anledning är att många inte orkar göra något med mobilen, vare sig det gäller att sälja vidare den, eller att lämna in för återvinning. Dessa anledningar skulle möjligen kunna besvaras med ett system som använder sig av blockkedjor; som tidigare forskning har visat har den pengamässiga drivkraften störst påverkan på återvinning. [2]

Alltså finns det anledning att tro att införandet av ett slags pantsystem för mobiltelefoner skulle öka andelen ersatta mobiler som cirkuleras tillbaka in i kretsloppet. Det ökade inneboende värdet hos mobiler från pantkostnaden skulle ekonomiskt uppmuntra ägare att antingen sälja, eller återvinna gamla mobiler. Om avfallet tas hand om av en offentlig entitet, som är granskad och certifierad, kan personer få högre tillit till systemet, och bli mer villiga att återlämna sina gamla mobiler. Detta är eftersom de inte behöver vara osäkra på om deras återvinning kan ha negativa konsekvenser för miljön, eller för folks hälsa.

För att kunna identifiera specifika mobilenheter behövs teknologi; RFID chip, som står för Radio Frequency Identification, möjliggör inläsning och identifiering av produkter, oberoende av om enheten är i ett funktionerande tillstånd. Idag så innehåller mobiltelefoner oftast en likartad teknologi kallad NFC, som går att användas för att emulera RFID. Men enklast är möjligtvis att sätta in nya passiva RFID taggar. Anledningen varför detta är möjligtvis den enklaste vägen är på grund av hur små och billiga RFID taggar är. De kan kosta så lite som 1 kr² och den minsta storleken som finns idag är 0.05mm x 0.05mm.³ En RFID tagg är ett litet chip som inte behöver någon strömtillförsel från ett internt batteri för att fungera och läsas av. [8] När chippet är avläst

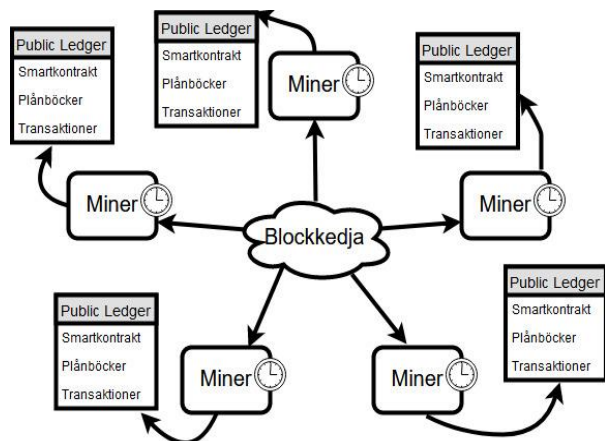
² <http://barcoding.com/resources/frequently-asked-questions-faq/rfid-faqs/>

³ https://en.wikipedia.org/wiki/Radio-frequency_identification

så kan dess ID, positionen av avläsaren samt ägaren av avläsaren, sparas ner i en databas. Ett system kan sedan gå genom databasen och se var olika chip har lästs av, och av vem. Ett problem med detta är att databaser kan vara förfälskade och att det behövs en ägare av denna sagda databas. För ett gångbart system finns behovet av ökad integritet, därav undersöktes möjligheten att använda sig av blockkedjor.

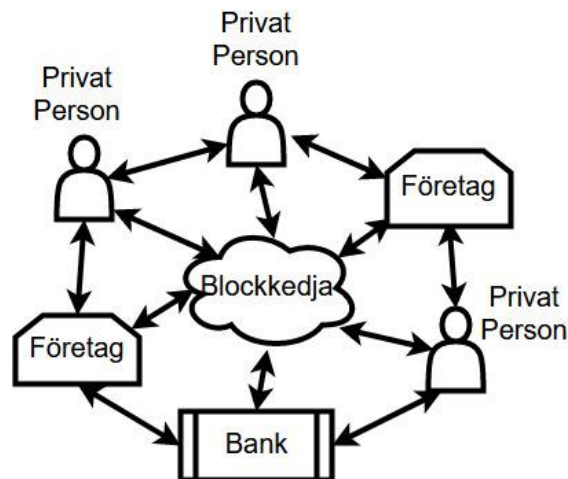
1.2 Blockkedjor & Smartkontrakt

Blockkedjor är en speciell databas där hela databasen är uppbyggd av mindre block. Vardera block är permanent beroende av föregående block. Detta skapas genom att en kryptologisk hashing av föregående block läggs med in i det nyskapade blocket. På grund av det kan man endast lägga in ny data och inte ta bort eller ändra på data i äldre block. Blockkedjor kan även distribueras världen över och blir publik data (public ledger) som alla kan ta del av. [9] Alltså kan fler entiteter ha en konstant uppdaterad kopia av databasen visat i figur 1.



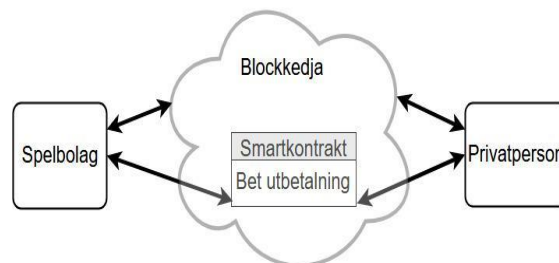
Figur 1. En illustration hur databasen(public ledger) är distribuerad till entiteter.

När alla kan ta del av blockkedjan så kan man eliminera behovet av förtroende då vem som helst kan se vad som stämmer. Ett exempel på förtroende är banker, där förvaras våra pengar och har ett förtroende till dem att hålla pengarna säkert och att banken faktiskt äger pengarna. Betalningar med bankkort använder sig utav en bank som mellanhand med förtroende, denna teknik kan ta bort banken från ekvationen för en betalning, likt kontanter. Figur 2 illustrerar hur alla entiteter kan skicka pengar mellan varandra utan att behöva gå genom en bank. Bitcoin som exempel är baserat på blockkedjor, där datan är transaktioner och "miners" är entiteter världen över som verifierar blockkedjan. [9]



Figur 2. En illustration hur vardera entitet kan skapa en transaktion direkt istället för att gå genom en mellanhand som behöver förtroende.

För att kunna undersöka möjligheten för systemet denna studie handlar om behövs fler funktioner än registrering av en produkts ID i en distribuerad databas. Funktioner som byte av ägarskap, nuvarande status av produkten och automatiskt utförda funktioner såsom utbetalning. *Smart contracts*⁴, öppnar upp många dörrar för applikationer. Ett smartkontrakt är ett program som är tilldelad en adress i blockkedjan, ett kontrakt skrivet i kod som inte behöver någon mellanhand för att fungera, utan som kan köras automatisk när vissa krav är uppfyllda. Detta kontrakt går att använda i många områden; ett enkelt exempel är inom sportsbetting för att slippa mellanhanden visat i figur 3. Istället för att behöva lägga förtroendet på att spelaktörer kommer betala ut vinstsumman, överför användaren pengar till ett kontrakt som automatiskt betalar ut till rätt aktör när resultaten kommer in. Dessa kontrakt är nedspårade i blockkedjan och kommer aldrig att försvinna därifrån. Kontraktet kan avslutas eller exekvera funktioner, men dess historia kommer ligga kvar i tidigare block av hela kedjan, så att det går att följa dess utveckling.[10]



Figur 3. Spelbolaget och privatpersonerna som vill lägga ett bet kopplas ihop med ett smartkontrakt som ligger i blockkedjan. Väl i blockkedjan och den automatiska betalningen av smartkontraktet så kan det ej ske fusk.

⁴ <https://en.bitcoin.it/wiki/Contract>

I ett smartkontrakt kan då information, funktioner, men även kryptovalutor sparas. Denna kryptovaluta eller även kallat tokens i vissa fall är vad de som verifierar blockkedjan blir betalda i. Eftersom smartkontraktet inte exekveras eller sparas på ens egna dator, så måste det finnas någon annan som gör det. Beräkningskraften måste komma från någonstans, och någon ska bli betald för detta arbete.

Dessa verifierare kallas för miners, och kollektivt skapar de en enorm virtuell maskin, en maskin som kan användas för att skapa applikationer med smartkontrakt eller överföra kryptovalutor. För att det skall finnas ett värde för dessa miners att betala för all hårdvara och el som verifierar blockkedjan, så betalar man miners i kryptovalutan för arbetet, som kan vara exekveringen av funktioner och överföring av valuta. Det är från detta som det grundläggande värdet av kryptovalutor härstammar. Exempel på kryptovalutor är Bitcoin och Ethereum. Bitcoin är en renodlad kryptovaluta endast för överföringar av kryptovalutor mellan parter och Ethereum är en plattform för smartkontrakt, som har en inhemsk kryptovaluta kallad Ether, som även kan användas som en vanlig kryptovaluta likt Bitcoin. [8] [11]

Två begrepp inom blockkedjor är adresser och transaktioner. Adresser hänvisar till den publika nyckeln som pekar på en persons plånbok eller ett smartkontrakts publika nyckel, som även innefattar en plånbok integrerat i smartkontraktet. Transaktioner hänvisar inte bara till överföring av en valuta, utan allt som sker i blockkedjan. Exempel på en transaktion kan vara en exekvering av en funktion i ett smartkontrakt.

1.3. Pantsystem

Implikationen av denna teknik är att det blir möjligt att skapa ett pantsystem, som ger personer en ekonomisk drivkraft till att återvinna gamla elektronikprodukter. Vid köp av en ny produkt betalas en summa pengar för pant som sedan betalas tillbaka när produkten lämnas in till återvinning vid slutet av sin livscykel. Produkten får ett större inneboende värde ända tills den återvinns, detta ger ägaren incitament till att låta produkten hanteras, vare sig från vidareförsäljning, eller återvinningsinlämning. Även om produkten fortfarande är duglig är det många som ersätter den. Istället för att låta den gamla ligga oanvänd får ägaren en större motivation till att sälja den vidare. På så sätt kan den återanvändas, vilket också är bättre ur miljösynpunkt. Detta är något som går att implementera genom användning av smartkontrakt och kryptovalutor. När mobilen kommer till en

återvinningsstation så exekverar ett smartkontrakt kopplat till telefonen automatiskt och skapar en transaktion av kryptovaluta av ett visst värde till de entiteter som skall ha en belöning.

1.4 Underlätta forskning

En annan positiv effekt av spårning av mobiltelefonens förlopp till slutstation är i forskningssyfte för att överse hur stor andel av telefoner som blir återvunna. Detta skulle kunna appliceras på fler produkter än telefoner, som skulle kunna ge oss en stor överblick på hur det globala återvinnings hanteringen fungerar i praktiken. Det skulle även kunna ge kunskap åt andra med intresse, till exempel företag, tillverkare och inom miljöpolitik.

1.5 Plattformar

För att validera vårt projekt behövdes en blockkedje-plattform som stödjer smartkontrakt och utvecklandet av decentraliserade applikationer. Ethereum⁵ var den första plattformen av detta slag och en som redan används i dag. Däremot så utvecklas denna marknad i en väldigt hög takt och nya plattformar uppkommer fortfarande. En annan intressant plattform är Vechain⁶ som startades som en lösning för spårning av RFID chip med hjälp av blockkedjor men som har vidareutvecklats till en plattform för utveckling av applikationer och smartkontrakt. Då Vechain har spårning med från grunden så är det möjligen ett bättre alternativ. Dock är Vechain fortfarande en startup och deras plattform är i dagens läge byggd på Ethereum, så därför valdes det att jobba med en Ethereum för denna konceptvalidering. Det finns många olika blockkedjeplattformar och kryptovalutor där ute och fler kommer att komma, därför dämpas vikten av vilken nuvarande specifik plattform som är bäst för en slutgiltig lösning.

2. Metod

För att kunna bedöma lämpliga tillvägagångssätt utfördes utförlig litteraturstudie om elektroniskt avfall, dagens problem inom ämnet och blockkedjeteknik. Information och statistik om hur återvinningen går till, samt tekniska kunskaper inom blockkedjor, och relaterade ämnen erfordrades. Med hjälp av denna kunskap utformades en kravlista med specifikationer som skulle behöva uppfyllas för en gångbar lösning. Exempel på dessa krav är att systemet är skalbart, kostnadseffektivt, och icke korrumpertbart, alltså att det inte har säkerhetsbrister i grunden. Med bakgrundsforskning har det undersökts hur dessa krav kan uppnås från ett tekniskt perspektiv.

⁵ <https://www.ethereum.org/>

⁶ <https://www.vechain.com/#/>

Med litteraturstudien som grund, utformades en lösning och vision för ett förbättrat system för dagens återvinning av elektroniskt avfall. Utifrån denna vision utvecklades en prototyp som konceptvalidering. Med hjälp av prototypen utvärderades idén för att se om den är genomförbar rent tekniskt. Genom diskussion utvärderades även om det är praktiskt, och om det är av värde för mänskligheten.

3. Resultat

3.1 Kravlista

En kravlista på idén och dess prototyp utformades. För att idén ska uppfylla sitt syfte krävs det att den kan uppfylla följande mål. Hög integritet och ej korrumperbart: För att ett system som detta ska kunna uppfylla sin funktion på ett tillfredsställande sätt, krävs det att det har hög integritet, annars finns det inget syfte med att använda just blockkedjor, eftersom det är en av dess främsta styrka. [12] Datan är transparent och offentlig: Detta möjliggör ett decentraliserat system där data inte kan manipuleras. Datan skall ej kunnas ändras på i efterhand. Ett exempel på något som inte skulle tillåtas är att ge falsk information om hur många telefoner som återvinns. Den offentliga entitet som skulle vara ansvarig för återvinningen och utlösandet av pantpengar skulle behöva vara granskad av oberoende myndighet, för att förhindra korruption.

Skalbarhet: Detta system har som mål att användas globalt och på alla tillverkade mobiltelefoner, således behöver det vara skalbart på höjden. Systemet ska inte stöta på hinder av att behöva hantera en större mängd enheter, utan det ska kunna växa till behov. Det ska även vara skalbart på bredden, vilket betyder att med inte alltför stora anpassningar, ska det vara möjligt att tillämpas på andra produkter som behöver återvinnas. Här är RFID taggar mycket väl anpassade med tanke på deras storlek och kostnad. På grund av antalet enheter som skulle kunna sparas på blockkedjan så kommer det innebära en stor mängd data och en stor mängd transaktioner per dag. Om det antas att mobiler i genomsnitt ersätts efter 22,7 månader som enligt en rapport från 2017⁷ och att systemet är globalt, det vill säga att det skulle ha lika många användare som idag använder smartphone, alltså ca

⁷

<https://www.kantarworldpanel.com/global/News/2017-smartphone-industry-insight-report#>

⁸

<https://www.statista.com/statistics/330695/number-of-smartphone-users-worldwide/>

2,53 miljarder användare⁸, kan det fås fram en grov estimering av hur många transaktioner som skulle behöva klaras av. Det skulle då behövas ca 3,66 miljarder transaktioner per dag. Detta är en hanterbar siffra för ett decentraliserat blockkedjeystem som databas beroende på vilken plattform som utnyttjas. Som jämförelse har blockkedjeplattformen Stellar nyligen haft ett stresstest och uppnått 11 743 transaktioner per sekund⁹, vilket skulle resultera i ca en miljard transaktioner per dag. Om behovet skulle öka utöver det hanterbara, går det även att dela upp blockkedjan för olika regioner till exempel.

Kostnadseffektivt: Transaktionerna som sker får ej ha en för hög kostnad. Det skall vara ekonomiskt hållbart att kunna göra användarbyten, exekvera smartkontrakt m.m. kopplat till en viss telefon. Ethereum har för tillfället en transaktionskostnad på 4 kr¹⁰ och det anses vara en hög kostnad för en kryptovaluta, då t.ex. Stellar har en transaktionskostnad på 0.000032 kr.¹¹

Säkerhet: Det skall vara tekniskt säkert, det vill säga att det ska vara resistent till hackerangrepp och stöld. En stulen mobil ska till exempel inte kunna få en ny ägare på blockkedjan utan den riktiga ägarens handling, så att det värdet inte kan stjälas. Detta kan till stor utsträckning uppnås med hjälp av en privat nyckel som krävs för hanteringen av ens smartkontrakt. En ägare kan fortfarande bli hotad till att ge upp denna privata nyckel, och där har den möjliga säkerheten av systemet sin gräns.

3.2 Prototyp

Vår idé av en prototyp var att skapa ett smartkontrakt genom att använda Ethereums plattform. Valet av att använda Ethereum var på grund av det är den största plattformen för smartkontrakt och det finns därav mycket information att ta del av för att lyckas skapa ett fungerande kontrakt. Första steget var att skapa en miljö där nya kontrakt kunde skapas och testas. Detta gjordes genom att ladda ner Geth, som är ett kommandotolkverktyg som kör en Ethereum-nod. Geth laddar alltså konstant ner Ethereums blockkedja när den körs och du kan verifiera kedjan med en miner. Med detta verktyg så skapades ett Genesis-block, vilket är det första blocket i en kedja. På så vis skapades en egen privat blockkedja och denna användes för att testa ett eget smartkontrakt.

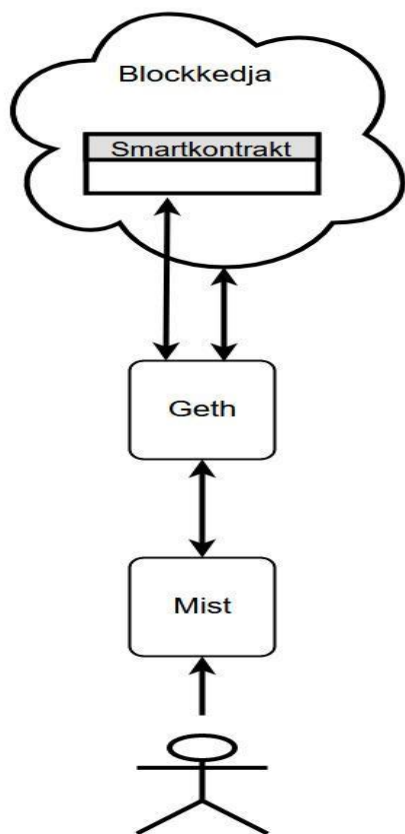
⁹<https://medium.com/@heir/results-from-heirs-recent-stellar-org-network-performance-test-next-steps-e2a2c35032a5>

¹⁰ <https://bitinfocharts.com/comparison/ethereum-transactionfees.html>

¹¹

<https://www.stellar.org/developers/guides/concepts/fees.html>

Nästa steg var att använda en miljö för att kunna interagera med blockkedjan. Till detta användes browsern Mist, som är likt en webbläsare, men som är riktad till att läsa och köra dApps (decentralized applications) som är byggda på Ethereums blockkedja. Istället för att koppla ihop Mist med Ethereums blockkedja, så kopplas i detta fall Mist ihop med den egna privata blockkedjan. Med dessa förutsättningar gick det att skapa och interagera med smartkontrakt på den egna blockkedjan genom Mist, visat i figur 4. Ett problem med en privat blockkedja är dock att det inte finns någon som minar, alltså någon som verifierar alla transaktioner i kedjan. En egen miner behövde därför startas upp och kopplas till den privata blockkedjan. Minern kunde då verifiera när nya kontrakt skapades och interageras med.



Figur 4. En enkel visualisering av hur man kan koppla upp sig mot Ethereums blockkedja. Människan talar med applikationer som körs av Mist, Mist talar med Geth som är direkt kopplat mot blockkedjan.

Smartkontrakt på Ethereums plattform är skrivna i Solidity, vilket är ett programmeringsspråk specifikt skapade för att köras på Ethereum. [13]

Lista på variabler och funktioner som smartkontraktet bör innehålla. Denna lista kan utökas om krav för det finns eller om man vill utöka funktionaliteten.

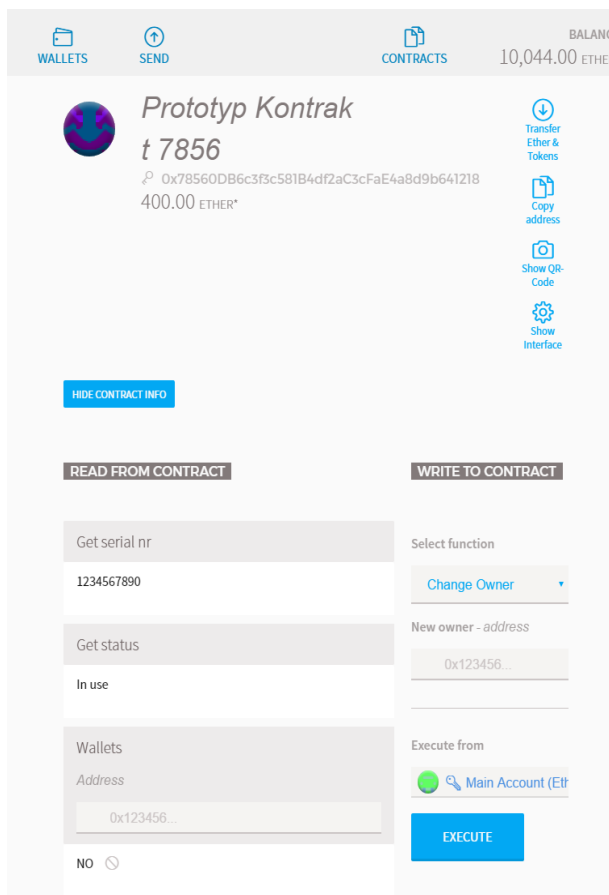
Globala Variabler:

- Ägare: Adressen/publika nyckeln till ägaren av telefonen
- Återvinningsstationernas adresser: En lista på godkända återvinnings aktörers adresser.
- Kontrolladress: En/Flera adresser för den entiteten som kan lägga till/ta bort adresser för godkända återvinningsaktörer.
- Status: Nuvarande position av telefonen i dess livscykel.
- Enhet: Enhetens serienummer.

Funktioner:

- Ändring av status: Ej såld, i bruk, stulen eller återvunnen.
- Ändring av ägare: Du som äger telefonen bör kunna sälja telefonen till någon och därmed även ändra äganderätten av smartkontraktet.
- Tillägg av återvinningsstationernas adresser: Den styrande enheten för att bestämma vilka återvinningsstationer som är godkända bör kunna uppdatera vardera smartkontrakt vilka adresser som är verifierade.
- Utbetalning när återvunnen: När en verifierad återvinningsstation interagerar med kontraktet så skall betalning ske till de entiteter som skall ha en belöning.

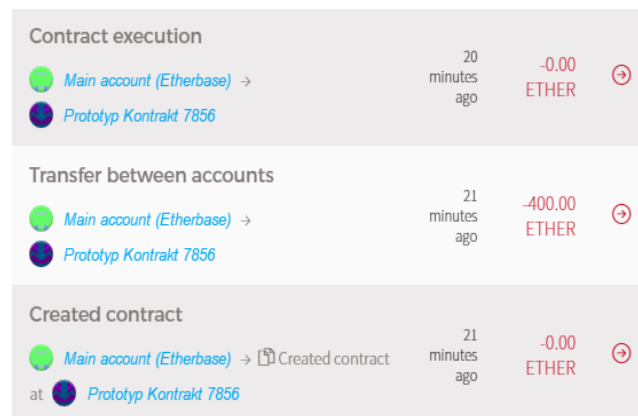
Ett smartkontrakt med variabler och funktioner som specificerades tidigare skrevs. För att testa detta smartkontrakt så användes Mist för att skapa själva kontraktet på den privata blockkedjan. Vid skapandet av kontraktet så krävs verifieringar från 12 block för att kontraktet ska bli aktivt på blockkedjan. Eftersom blockkedjan är privat så kan det verifieras på ett fåtal sekunder med en egen miner. Kontraktet tilldelades därefter en adress och gick därefter att integreras med. Figur 5 visar hur kontraktet ser ut i Mist.



Figur 5. En skärmdump från Mist där det skapta smartkontraktet visas. Namnet på smartkontraktet är "Prototyp Kontrakt 7856", under dess namn kan vi se dess adress och mängd Ether som finns i dess plånbok. Vi kan även se funktioner som "Get status" som returnerar variabeln status. På höger sida ses en dropdown meny "select function" där funktionen "Change owner" kan väljas. Vi får då upp en ny ruta där vi kan skriva in den nya ägarens adress.

Ett exempel på interaktion är att exekvera funktioner och även överföra Ether. Statusen för kontraktet är vid nyskapande: "ej såld" och ännu är ingen belöning överförd till kontraktet. Det går att enkelt testa om alla funktioner i kontraktet fungerar genom att välja en funktion att interagera med och skapa en transaktion. En transaktion i detta fall behöver inte betyda en överföring av en valuta, utan snarare betyder det endast en interaktion med blockkedjan vilket visas i figur 6. Varje interaktion med ett smartkontrakt, som även är en interaktion med blockkedjan, kostar en liten summa, då de som verifierar transaktionen, (miners), ska få betalt för arbetet. När transaktionen hade blivit verifierad av vår miner, så kunde vi gå in på vårt kontrakt och se om interaktionen fungerade. Vi testade i detta fall att överföra en summa som pant till kontraktet. Efter 12 verifieringar så såg vi att kontraktet nu innehåller den summan som vi överförde. Vi satte därefter statusen till "i bruk", och testade sedan funktionen för återvinning. När återvinningsfunktionen körs så ändras statusen i kontraktet till "Återvunnen" och

kontraktet skickade tillbaka panten till oss som ägare av kontraktet. Alla funktioner i smartkontraktet testades för att se till att önskad funktionalitet utfördes.



Figur 6. Skärmdump av ett händelseförlopp i Mist för smartkontraktet. Här ser man 3 stycken transaktioner. Först så skapades kontraktet, sedan så överfördes 400 Ether till kontraktet och sist så exekverades en funktion.

Eftersom allt som sker på blockkedjan sparas, så går det att söka genom t.ex. alla kontrakt som har blivit tilldelade statusen "återvunnen" och se vilken adress som gav kontraktet dess status. Denna adress är då kopplad till en återvinningsstation och det går då att veta var telefonen blev återvunnen. Det går även att lägga till en global variabel i kontraktet som direkt sparar ner var den blev återvunnen med t.ex. GPS koordinater eller namn på stationen.

Denna prototyp är menad för att validera den bakomliggande teknologin för detta system. Alltså funktionaliteten bakom ett smartkontrakt och blockkedja för att appliceras i detta system. Detta smartkontrakt är det som kopplar ihop det teoretiska återvinningsystem mellan blockkedjor och resten av systemet. För användning i skarpt läge så krävs ett användarvänligt gränssnitt för enkel hantering av att byta ägare. Utveckling av en RFID läsare som direkt pratar med smartkontraktet för att automatiskt exekvera funktioner såsom statusändring, återvinning och utbetalning kommer vara en väsentlig del. Mycket vidareutveckling krävs för att få ihop hela systemet. Den utvecklade prototypen visar däremot att själva kopplingen till blockkedjan fungerar. Vidareutveckling av smartkontraktet är till övervägande del säkerhet för att se till att det inte går att hacka. Prototyp smartkontraktet som har utvecklats omfattar däremot redan funktionaliteten som krävs för implementering i systemet.

4. Diskussion

Denna studie avsåg att undersöka möjligheten för ett återvinningsssystem som drar nytta av fördelarna av blockkedjeteknik. Prototypen visar att med detta smartkontrakt tillsammans med ett integrerat RFID

chip och återvinningstationer som har en RFID läsare går det nu att följa telefonens livscykel; vem som är ägare, och var den blir återvunnen. Med detta ges incitament till att återvinna på rätt plats genom en monetär belöning. Det är inte ett litet system som krävs för att allt detta skulle gå ihop. Troligen så skulle det krävas internationella samarbeten mellan företag och myndigheter för att få bygga detta system, men det skulle gynna alla som går med i samarbetet. Återvinningsstationerna skulle få in mer avfall att återvinna, ägaren skulle få mer pengar tillbaka för sin telefon, tillverkare av nya produkter skulle i en högre grad kunna använda återvunna metaller och på ett mer kostnadseffektivt sätt. Världen skulle få mindre felhanterat, eller ohanterat elavfall. Kontrolladressen som finns med i smartkontraktet, alltså entiteten som kan styra och granska vilka som är verifierade hanterare av elavfallet, bör vara förslagsvis en myndighet/organisation som är ett samarbete av alla länder som ingår i systemet. I andra fall går det alltid att tillämpa systemet på Sverige. Det finns inte så många stora anledningar till att det inte skulle fungera som en lokal lösning eftersom systemet inte nödvändigtvis är beroende av internationella entiteter. Undantaget är att direkt handel av mobilerna med utlandet skulle skapa svårigheter eftersom det skulle ske utanför systemet.

Det finns en rad olika alternativ för hur pengarna i systemet skulle kunna vara fördelade, till exempel beroende på om det skulle vara statligt sanktionerat eller inte. Det mest troliga är dock att det blir konsumenten som ändå får stå för den extra kostnaden vid köp av en ny mobil. Det går att vidare undersöka vilken summa som skulle vara optimal för våra ändamål, och det skulle kunna variera beroende på produktens pris, men som exempel skulle en kostnad på 400 kr eller snäppet mer vara ett förslag. Detta värde skulle på ett sätt vara låst i produkten fram tills den återvinns, då ägaren får tillbaka en del eller hela summan. Om det inte är hela summan, skulle resten användas till att bekosta en utförligare återvinning av produkten, och inte bara utvinningen av de ekonomiskt lönsamma materialen, d.v.s. ädelmetallerna, utan också andra material vars återvinning snarare skulle vara lönsam för miljön.

Andra tillvägagångssätt att prissätta panten på skulle kunna vara genom en förundersökning som finner hur mycket återvinningsbart material produkten innehåller, och därefter sätter en pant direkt kopplad till värdet av att återvinningen. Om det handlar om en global marknad där olika länder har olika ekonomiska förutsättningar så kan rika länder betala

en del av fattigare länders pant. Möjligen att staten eller tillverkaren av produkten hjälper till med panten i de länder där fullpris av panten är ekonomiskt ohållbart för en privatperson.

Komplikationer som finns med smartkontraktet som skapades på Ethereums plattform är t.ex. att det kommer krävas ett bättre system för att värdesätta antal Ether som skall vara som belöning. I dag så är värdet inte stabilt och en belöning på 1 Ether är möjligtvis inte samma värde om 3 år när du återvinner telefonen. En lösning till detta är att istället för att kontraktet i sig håller valutan, så kontaktar smartkontraktet ett annat smartkontrakt som tar hand om hur stor mängd Ether som skall betalas ut. Om belöningen är 400 kronor så skulle då vårt kontrakt kontakta vidare om att den vill betala ut Ether av ett värde av 400 kronor. Men det finns problem med denna lösning också, som svårigheter att låsa upp t.ex kronor i ett smartkontrakt då kronor ej är digitaliserade på samma sätt som en kryptovaluta. Därför anser vi att världen idag inte är redo att använda just Ethereum som plattform för detta, då det skulle vara allt för oanvändarvänligt. Det finns däremot andra kryptovalutor som är byggda på Ethereums plattform som möjligtvis skulle kunna lösa detta problem. USDT¹² är en valuta byggd på Ethereum och Bitcoin som är kopplad med en förhållande 1-1 till den Amerikanska dollarn. Detta hade fungerat att använda för att ta bort värdeökningen och minskningen av Ether, men USDT kan endast hålla sitt värde om dem som skapar denna valuta har låst upp lika många amerikanska dollar som det finns USDT. Med detta kommer vi tillbaka till problemet att det är centraliserat, och om det händer något med USDT så försvinner allt värde för den valutan.

Problem som skulle kunna ske genom att använda sig utav RFID taggar som då "klistras" fast i enheter är att man skulle kunna ta bort dem och möjligtvis endast panta taggen. Systemet i sig har däremot delvis ett försvar mot detta. Eftersom taggen är kopplad till en specifik privat nyckel, så kommer den personen som håller i nyckeln att få panten. Det finns alltså inget incitament att till exempel stjäla någons enhets RFID tagg för att panta. Om ägaren av enheten försöker panta RFID taggen utan enheten så kan man enkelt ha en policy där garantin och försäkringsärenden ej håller om enheten ej innehåller en RFID tagg. Möjligtvis att man skulle kunna konstruera RFID taggen så att den självförstörs om den blir borttagen från enheten där den bör sitta.

12

[https://en.wikipedia.org/wiki/Tether_\(cryptocurrency\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Tether_(cryptocurrency))

Det finns flertal fler användningsområden som vi kan applicera samma teknologi och samma smartkontrakt fast med tillägg av fler funktioner. Det första man kanske tänker på att man med hjälp av RFID chip som integreras i varje enhet så behöver vi inte stanna vid telefoner. Detta kan appliceras på alla produkter som skapas. Alla produkter kanske inte behöver ett belöningsystem för att det skall vara värt det heller. Produkter som märkesprodukter kan använda detta för att verifieras att det inte är kopior, något som redan håller på att implementeras utav flertal startups inom blockkedjor. Detta kan vara värde nog för att kunna följa produktens livscykel och att ha den uppladdad på en decentraliserad databas som en blockkedja. Produkter som mat kan följas för att verifiera dess ursprung, datumet då de tillverkades m.m. som även där kan vara incitament nog för att det skall vara värt det att integreras i en blockkedja. Man skulle även kunna utnyttja detta system för att skapa ett system likt registreringsnummer för bilar, för vilka produkter som helst som har någon form av serienummer. Som exempel så har en stor del av alla kretskort serienummer, som då sitter i elprodukter. Man kan då spara upp detta serienummer i blockkedjan med ägarens publika nyckel eller till och med namn/personnummer, så kan man verifiera ägarskap av nästan vilken produkt som helst. Hänsyn skulle behöva tas för att inte överskrida gränser när det gäller personlig integritet. Om ägandeskap och relaterad information är sparade i en decentraliserad blockkedja skulle informationen vara offentlig och tillgänglig för vem som helst. Det kan innebära att personers integritet skulle kunna kränkas. Det är inte helt orimligt att anta att det kan skapa säkerhetsrisker, eller brytningar av konfidentialitet. Dessa risker kan orsaka hinder för införandet av systemet, alltså finns det ett behov av att behålla möjligheten till anonymitet. Detta är fullt möjligt, då kontrakt inte behöver kopplas till en riktig identitet. Ägandet av kontraktet kan hållas med hjälp av en privat nyckel, utan några andra kopplingar.

Val av blockkedje plattform kan vara svårt. Detta projekt har riktat in sig i att använda oss utav Ethereum på grund av enkelhet men skulle kunna vara ett dåligt val som nämnt tidigare. En aspekt som inte har tagits upp är angående energiförbrukning av att underhålla Ethereums blockkedja. Alla dessa datorer som validerar blockkedjan drar enormt mycket energi, i dagsläget drar Etherums blockkedja ungefär samma mängd el som Island¹³. Ethereum använder sig fortfarande av ett koncept som kräver en stor mängd miners för att hålla blockkedjan decentraliserad. En plattform som inte kräver lika många miners eller ett annat koncept på att hålla

blockkedjan decentraliserad är att föredra för detta projekt. Då man ej vill att vinsten i hållbarhet att återvinna elprodukter blir försumbar på grund av energiförbrukningen att underhålla blockkedjan.

Man behöver även göra beräkningar angående RFID taggens miljöpåverkan när den skall återvinnas. RFID taggar är inte nedbrytbara och behöver även dem återvinnas på ett hållbart sätt. Detta är möjligtvis inte ett stort problem när det kommer till att tagga el-produkter, på grund av att det är endast ännu ett kretskort i produkten. Men när det kommer till produkter som har andra återvinningsmetoder, t.ex. glasflaskor, så måste taggen först tas bort för att man skall kunna återvinna flaskan. Detta medför att det behövs nya metoder för att återvinna en glasflaska som är RFID taggad. Vilket skulle kunna resultera i sämre resultat hållbarhetsmässigt än vad planerat. [14]

En aspekt som är ett problem är borttappade RFID-taggade produkter. Antingen genom att produkten är totalt förstörd tillsammans med RFID taggen eller på havets botten. Om detta skulle ske och man har låst upp en pant i ett smartkontrakt som endast kan släppas om den pantas, så kommer dessa pengar för evigt vara låsta. Därför skulle ett säkerhetssystem för detta behövas implementeras som inte går att utnyttja så att pantvärdet kan läsas upp. Ett exempel på ett sådant system skulle kunna vara en tidsram, möjligtvis 5-10år sedan så går panten tillbaka till rättfärdig entitet. Detta skulle kunna vara tillbaka till den som betalade panten, till forskning inom hållbarhet eller dylikt.

Som tidigare nämnt så kan forskning kring återvinning och telefoners livscykel underlättas och förbättras om det finns en publik databas med alla telefoner som skapas och deras status. Om samma system skulle appliceras på fler produkter så skulle statistik och forskning kunna skapas mycket lättare för alla dessa produkter.

5. Slutsats

Med denna studie går det att se möjligheten för ett elektronikavfallshanteringssystem användandes av blockkedjeteknologi för att uppnå krav på pålitlighet. Det skulle krävas stora insatser för att genomföra och organisera ett globalt system, men det kan ha stora potentiella fördelar med hänsyn till de problem som växer i och med gruvdriftens miljöpåverkan, elektronikavfall och den grad av återvinning som råder nu. Det finns potential att öka återanvändandet av produkter, och öka andelen som återvinnas. Detta leder till ett minskat beroende av

¹³ <https://digiconomist.net/ethereum-energy-consumption> (16/05/2018)

nya tillverkningsmaterial, och det kan minska skador på miljön.

Referenser

- [1] J. A. M. J. L. Xianlai Zeng, "Urban Mining of E-Waste is Becoming More Cost-Effective Than Virgin Mining," *Environmental Science & Technology*, <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.7b04909>, 2018.
- [2] I. Williams, "Greening academia: Use and disposal of mobile phones among university students," <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X11000663>, 2011.
- [3] W. Askarzai, "Handbook of Research on Green ICT: Technology, Business and Social Perspectives," in *The negative impact of ICT waste on environment and health.*, https://books.google.se/books?hl=sv&lr=&id=2wEEoX62-usC&oi=fnd&pg=PA242&dq=related:UbYI3h9q6tsJ:scholar.google.com/&ots=IBW3G4Dc7u&sig=To2PVrkhbAq9lgQgJX8_tdCnkm8&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false, University of Western Sydney & MethodScience, 2011, p. Chapter 16.
- [4] G. V. M. L. T. P. Juan Manuel Valero Navazo, "Material flow analysis and energy requirements of mobile phone material recovery processes," Springer Berlin Heidelberg, <https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-013-0653-6>, 2014.
- [5] M. Kaya, "Recovery of metals and nonmetals from electronic waste by physical and chemical recycling processes," *ScienceDirect*, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X16304299>, 2016.
- [6] O. O. I.C. Nnorom, "Overview of electronic waste (e-waste) management practices and legislations, and their poor applications in the developing countries," *ScienceDirect*, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344908000165>, 2008.
- [7] R. N. M. H. W. Peeranart Kiddee, "Electronic waste management approaches: An overview," *ScienceDirect*, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X13000147>, 2013.
- [8] F. Tian, "A supply chain traceability system for food safety based on HACCP, blockchain & Internet of things," in *International Conference on Service Systems and Service Management*, <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7996119/>, 2017.
- [9] S. Nakamoto, "Bitcoin Electronic cash system," https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/32413652/BitCoin_P2P_electronic_cash_system.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1523451543&Signature=%2FkE%2BIVo5%2BpvNs3RWcqGZaFfTc8A%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DBitcoin, 2008.
- [10] A.-L. T. G. Foroglou, "Further applications of the blockchain," University of Macedonia, https://www.researchgate.net/profile/Georgios_Foroglou/publication/276304843_Further_applications_of_the_blockchain/links/5556f20608ae6fd2d8237a34/Further-applications-of-the-blockchain.pdf, 2014.
- [11] V. Buterin, "Ethereum: A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform," <https://github.com/ethereum/wiki/wiki/White-Paper>, 2014.
- [12] E. Chen, "AN APPROACH FOR IMPROVING TRANSPARENCY AND TRACEABILITY OF INDUSTRIAL SUPPLY CHAIN WITH BLOCK-CHAIN TECHNOLOGY," 2016.
- [13] C. Dannen, "Introducing ethereum and solidity : foundations of cryptocurrency and blockchain programming for beginners," 2017. [Online]. Available: https://kth-primo.hosted.exlibrisgroup.com/primo-explore/fulldisplay?docid=46KTH_ALMA_DS51143024900002456&context=L&vid=46KTH_VU1_L&search_scope=default_scope&tab=default_tab&lang=sv_SE.
- [14] A. M. M. S. Lars Thoroe, "Item-Level RFID: Curse or Blessing for Recycling and Waste Management?," in *Proceedings of the 42nd Hawaii International Conference on System Sciences*, 2009.

