國立東華大學資訊工程學系

大學部畢業專題

指導教授：賴志宏 博士

**區塊鏈交易系統－ShopP2P**

***A Trading System Based on Blockchain Technology: ShopP2P***



組員： 洪廷鈞、徐培欽

中華民國一一○年五月

**摘要**

現今的資訊發展迅速，使人類擁有前所未有的便利生活，資訊帶來了便利，同時也帶來了隱憂。過去的交易模式存在個人資訊安全的問題，在購物平台的伺服器中儲存了大量的使用者個人資訊，使得資訊安全產生疑慮。隨著區塊鏈技術逐漸發展，本組構思一種以區塊鏈為核心的交易系統，解決過去交易平台所面臨的問題，透過以太坊及智能合約技術，建構一套點對點的交易系統。本系統部屬於以太坊虛擬機，並以智能合約為整體核心技術，在信用機制上，本系統先建立一個標準評價，若交易時遇到糾紛，將以使用者目前評價分數與標準評價進行對比，透過對比就能產生相對應的懲罰效果，以實現能完全自行運作，不需要人為參與的去中心交易系統。面對使用者不熟悉以太坊環境操作，本組建置了一個網頁供使用者利用，以API方式與智能合約進行連接，讓使用者能從網頁進行整個購物流程，避免對初次使用者造成過大的使用障礙。區塊鏈無法儲存大量資料，故本組將系統所有檔案放置於星際檔案系統，以此實現持久的分散式檔案儲存。透過當前的智能合約及星際檔案系統技術，本組打造出一個完整的交易系統，降低使用者資訊安全疑慮，讓社會擁有對使用者更加友善的購物環境。

**關鍵字**：區塊鏈、以太坊、智能合約、星際檔案系統、去中心化、點對點交易

**第一章 前言**

**第一節 研究動機與背景**

在過去的日子中，人們的交易必須找到買賣雙方，通常會選擇到實體商店或市集等特定地點找尋交易對手，然而近幾年網路快速崛起，漸漸出現了網路這個新型態的交易媒介。網路的範圍十分廣闊，若沒有一個專門提供交易的平台，要找到交易對手也是件非常費時的事，於是專門提供C2C的電商服務平台就此發跡。隨著世界網路使用人數增加，電子商務使用率必定隨之增加，「從電子商務使用情形方面來看，台灣網友電子商務使用率高於全球平均」(2020，財團法人台灣網路資訊中心)，更加突顯了國內網路購物市場的熱絡。至今為止，我們幾乎都是透過一個交易平台進行交易，由所有交易流程都需要經過電商平台公司主導，才能順利完成交易。我們期待有一種不需要中介平台主導整個交易過程的模式，讓全體的用戶成為交易過程的監督者。我們發現當今購物平台會將使用者資料集中儲存於伺服器中，這些資料可能包括個人姓名、手機號碼、居住地址及付款資訊等等，此舉使得使用者資料安全產生疑慮。「大量個人資料外洩的案例在國內外已屢見不鮮了，造成個人隱私權受損，詐騙事件層出不窮亦成為社會安全事件。」(2014，梁憶芳)資訊安全是現存交易平台還能改進的部分，我們期待能打造一個保障使用者個人資料的交易系統，讓使用者擁有一個安全的交易系統。

**第二節 目的**

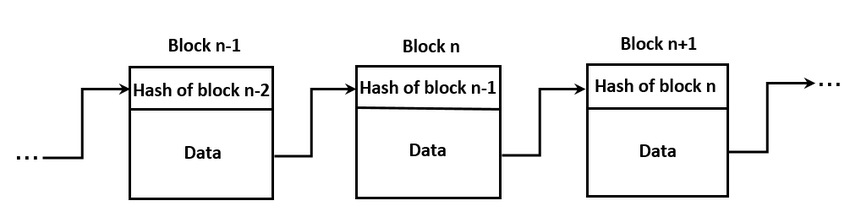
現今電商購物平台的儲存了大量使用者個人資訊，這些個人資訊經常沒有受到良好的保護，使得這些重要的資料被流出到有心人士手上。本組透過區塊鏈技術發想出一種保障個人資訊安全的交易模式，我們借重區塊鏈的各項優點，建立一個匿名的去中心化交易系統，整個交易僅會記錄錢包地址。本組規劃建立一套系統，是以區塊鏈作為核心，同時加上本組發想出來的信用評比機制，再建立方便使用者瀏覽的平台網頁，最終將所有系統檔案存放於星際系統檔案中，期待能創造出一個完整的去中心化交易系統。

**第二章 相關研究**

全世界使用電子商務服務之人數逐年增長，交易金額亦是不斷增加，隨著電子交易平台的使用量上漲，人們對於安全問題也開始重視。近幾年，區塊鏈以去中心化、不可竄改及公開透明的特性，讓使用者擁有更安全及值得信任的交易，除了單純的虛擬貨幣交易外，區塊鏈技術亦可透過智能合約建立出完整的程式邏輯。本組希望透過智能合約用以改善電子交易時遇到的困難，藉由區塊鏈特性，打造出一個值得使用者信任的交易平台，以此提升網路購物時的安全性與交易公平性。

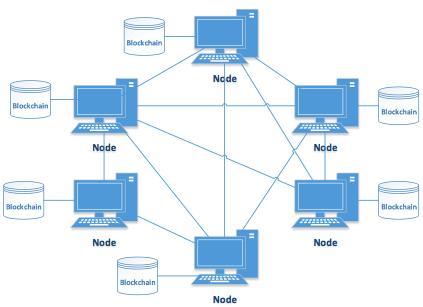
**第一節 區塊鏈簡介**

區塊鏈的概念最早來自於Satoshi Nakamoto (2008) 發表的《Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System》，透過一種去中心化帳本技術，解決了以往需要第三方中心機構的信任機制，再加上密碼學技術，實現點對點的交易系統。區塊鏈是由多個分散的節點所組成，透過共識機制維持帳本運算及公平性，讓所有參與者可以在沒有第三方中心機構的方式下完成交易，所有人都會擁有相同的帳本。區塊鏈記錄了區塊鏈網路中發生的交易，使用了時間戳記、加密、經濟獎勵及分散式共識，藉此完成每一筆交易，如圖一(Data中包含了Timestamp、隨機值、礦工獎勵、資料內容等)。由於每塊區塊都包含前一個區塊的Hash值，使區塊串聯成區塊鏈，對於驗證區塊鏈區塊的方式稱作為挖礦，其執行挖礦之人即為礦工，礦工們以自身的運作資源提供整個區塊鏈網路交易的驗證服務，透過驗證計算每個區塊中的雜湊值，就能確保整個區塊鏈是正常運作，又基於共識機制由礦工們共同驗算計算過程，使區塊鏈變得不能從中竄改，只能繼續新增交易，避免有心人士刪除中間交易紀錄，以保障參與者的交易。



圖一、區塊鏈示意圖 (2019，Kaiwen Zhang)

在區塊鏈的交易是各節點之間的移動交易，因此不需要過往網路購物時的中介機構協助，參與者及參與者可以直接進行交易。



圖二、區塊鏈P2P網路示意圖(2017，Bojana Koteska)

**第二節 以太坊及智能合約簡介**

以太坊是以區塊鏈為基礎而出現的開源平台，「運行的加密貨幣為以太幣，使用者可以在上面進行交易、撰寫與發佈程式(智能合約)來發展多元化的應用」(2019，陸毅軒)，具有圖靈完備的特色，可以編寫智能合約到區塊中，「一個建立在以太坊之上的特殊協議被稱為智能合約」(2017，V Buterin)，讓使用者可以自行創建合約並於去中心化的世界中任意發想自己的規則，所有在區塊鏈中的智能合約只要達成條件就能自行運作，也因此很多事情都能夠讓智能合約來執行，不會受到外力干擾而中斷，而因智能合約是存放於區塊鏈中，因此智能合約不會被人竄改。

目前以太坊及智能合約已經在多個領域進行開發，像是「選舉、後勤、管理、銀行系統、保險、房地產及物聯網等。」(2018，加沛)這是因為智能合約擁有區塊鏈的優點，其安全性高，所有的智能合約都儲存在區塊鏈上，沒有人能進行竄改，此外其具有自動執行的能力，透過自動化設計，不再需要人為干預，並且其具有高度自由，我們可以將各種程式設計藍圖置於智能合約中。

若想使用智能合約，通常是利用Solidity的程式語言撰寫，若想要順利執行智能合約，必須依靠以太坊虛擬機來完成，以太坊虛擬機是執行智能合約的環境，任何人都可以擔任驗證者，也就是礦工。當智能合約要執行時，需透過礦工將區塊打包寫入區塊鏈。以太坊為了避免參與者使礦工進行無意義的計算，因此會對每一次運算收取合乎工作量的手續費，而這手續費稱作為Gas。

**第三節 交易機制**

我們發現有人透過區塊鏈技術研究出一套「使交易時程縮短並防止詐騙」(2017，鍾斯羽)的不動產交易系統，「買賣雙方基於信任找尋適合的第三方中介擔任保證單位，其中還是不可避免第三方的潛在中介風險」(2017，鍾斯羽)，其想法與本組相近，皆是期待能透過區塊鏈技術解決中介機構的存在，雖鍾斯羽先生有提出一套交易系統，但須配合戶政區塊鏈、地政區塊鏈及銀行區塊鏈，這是目前台灣社會尚未存在的區塊鏈，故僅能以模擬的方式呈現，相較下本組並不存在此問題，我們的交易系統僅需要將合約部屬於以太坊鏈上即可運行，不用跟其他單位的區塊鏈互動，能提供十分完整的使用體驗。

本組的目的之一就是要去除中介機構，「讓區塊鏈分散式帳本去中心化的特性部份取代可信的第三方」(2019，潘宜萱)，藉由區塊鏈即能達成此目標。交易時的交易效率亦是非常重要的一點，「透過區塊鏈機制的設計，實現點對點之間的清算，能夠簡化作業流程、提高營運效率以及降低交易成本」(2019，潘宜萱)，因此本組期待能藉由區塊鏈技術，打造出更加有效率且低交易成本的C2C平台。

當使用者在一個有中央機構的交易環境中，需特別注意中央機構是否能始終保持正常運作，「基於對於中央式機構的信任，一旦中央式的機構故障或是被斷電可能不能再用這個系統」(2019，黃英睿)，相比之下，在分散式系統中我們可以拜訪任何一個分散帳本，不用擔心中心機構出錯。不過於此同時，分散式系統的交易速度比較容易變慢，「因為帳本被分散式的紀錄在每個人的身上，所以每次的交易都必須經過一段時間的共識和同步」(2019，黃英睿)。

在區塊鏈中，所有的交易資訊都是公開透明且不可竄改的，我們可以透過公開鏈去檢視每一筆交易紀錄，從而得出具有價值的數據資料。「透過適當的統計，可提取出對產業有幫助的結果。」(2019，蔡宛眞)我們認為以區塊鏈為核心的交易平台能打破交易中心機構獨自把持數據的現況，為社會帶來更多的數據使用價值。

交易手續費是影響買賣雙方是否使用服務的重要因素，「Books may be sold effectively and securely through smart contracts and are rewarded by having lower price fees than other platforms.」(2019，歐日宋)我們希望能透過智能合約技術，使整個交易成本更低，最終讓社會的總交易成本下降，讓人們享有更進步且友善的交易環境。

避免使用者惡意使用系統，本組發想一種信用評價對比系統，我們將整個交易分為四種情況（商品售價以X表示），買家好評、買家差評 賣家好評、買家差評 賣家差評、買家強制取回押金。在買家好評機制中，代表買家如約收到心儀的商品，此時賣家不用給予回評，故發生在雙方交易順利的情況，此時智能合約會將X給予買家，3X給予賣家。在買家差評 賣家好評機制中，代表賣家的商品有瑕疵或賣家未如約交貨，此時智能合約會將3X給予買家，X給予賣家。在買家差評 賣家差評機制中，代表買賣雙方都認為對方有問題，此時會判斷雙方的歷史評價，若買方歷史評價低於標準評價，則智能合約會將2X給予賣家，2X給予平台；若賣方歷史評價低於標準評價，則智能合約會將2X給與買家，2X給予平台；若雙方歷史評價低於標準評價，則平台得到4X。在買家強制取回押金機制中，代表買家給予差評後，賣家遲不給予回評，則買方得到3X，賣方得到X。整個信用機制整理如下表。

假設商品售價為X的情況，雙方交易前都給予合約2X，合約內共有4X：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 買家給評 | 賣家給評 | 發生時機 | 發生事件 |
| 好評 |  | 雙方交易順利 | 買方得到X  賣方得到3X  平台得到0 |
| 差評 | 好評 | 賣家有問題 | 買方得到3X  賣方得到X  平台得到0 |
| 差評 | 差評 | 雙方認為對方有問題 | 若買方歷史評價低於標準評價：  買方得到0  賣方得到2X  平台得到2X |
| 若賣方歷史評價低於標準評價：  買方得到2X  賣方得到0  平台得到2X |
| 若雙方歷史評價低於標準評價：  買方得到0  賣方得到0  平台得到4X |
| 強制取回押金 |  | 買方給予差評後，  賣家不給回應評價 | 買方得到3X  賣方得到X  平台得到0 |

表一、信用機制

**第四節 區塊鏈串接**

本組將區塊鏈與網頁及星際檔案系統進行串接，在網頁方面是利用Ethers.js，在星際檔案系統則是利用JS-ipfs。起初我們試著利用Web3.js與網頁進行串接，但實作的時候發現無法與MetaMask錢包進行互動，於是我們改用Ethers.js，這是一個以太坊的JavaScript模組，相較於Web3.js，其擁有更簡潔的使用方式，在程式碼更少的同時，依然擁有完整的功能，透過這個模組，開發者可以與乙太坊區塊鏈進行串接，實現與網頁互動的所有功能。JS-ipfs是透過JavaScript撰寫的P2P協議，可以在瀏覽器和Node.js中執行，實現所有IPFS功能，藉由JS-ipfs讓系統能與星際檔案系統串接。

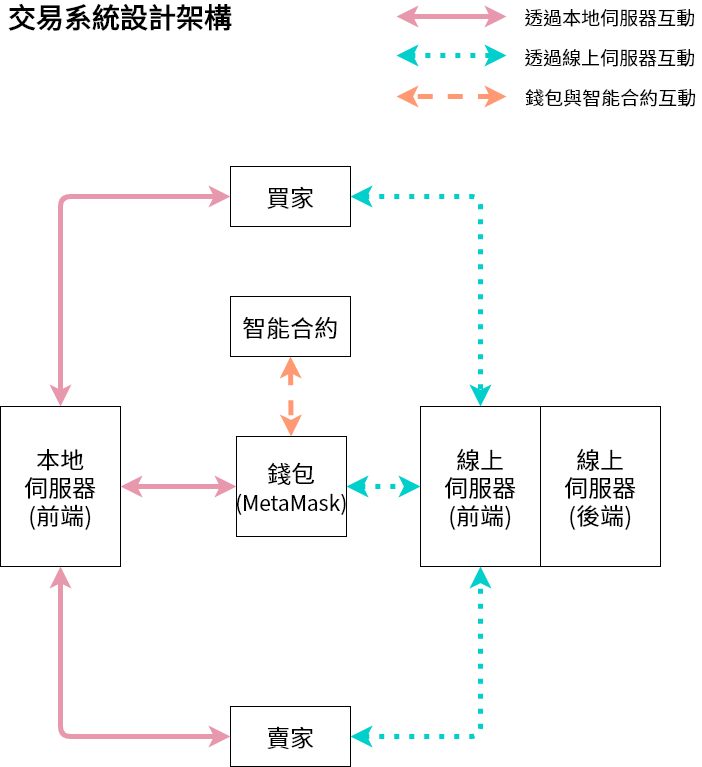
**第五節 星際檔案系統(IPFS)**

區塊鏈是一個去中心化的網路，使用者能將所有資料放在鏈上，然而這個鏈並不是無上限所有檔案都可以放，區塊鏈的儲存空間非常小，如果我們想放置一個很大的檔案可以透過拆成多個小檔案放在鏈上，若只有一個檔案還可以透過此方式運作，然而若所有人都將整個系統檔案放到鏈上，這樣會使得區塊鏈空間被大幅占用，同時影響整個鏈的驗證速度，為解決此問題，就必須將架設網頁的相關檔案放在傳統的中心化伺服器上，然而將檔案放在中心化的伺服器上就與去中心化的理念有所衝突。將資料放在中心化伺服器中，雖然可以讓使用者訪問到這個系統，並順利完成交易，但總有一天這個伺服器會受到攻擊，進而使資料被修改，使用者將無法再次拜訪網站。透過運用星際檔案系統，可以使整個系統去中心化更完整，星際檔案系統目的在於打造一個持久且分散式儲存與共用檔案的網路傳輸協議。所有上傳到IPFS網路的檔案，都會被系統分配到一個唯一且不可竄改的加密Hash值，若在IPFS網路中發現重複的資料，會被IPFS自動刪除，同時記錄歷史版本，能以P2P的方式儲存檔案及其歷史版本紀錄。IPFS具有高度安全性，不同於以往儲存在中心化伺服器，IPFS會在網路中存有多個副本，並藉由Hash值進行驗證，避免檔案遭到惡意竄改。IPFS將所有儲存資料放到網路上的多個節點中，組成一個巨大的儲存空間，同時將重複的檔案刪除，節省儲存空間。傳統的儲存方式若出現硬體故障，將使得檔案無法尋回，但透過IPFS能將風險分散到網路上的多個節點，除非所有節點同時故障，否則將持續提供穩定的檔案儲存。IPFS亦能節省網路頻寬和成本，過去使用者需要向一個中心化伺服器取得資料，只要使用者過多，就會占滿整個網路頻寬，利用星際檔案系統會讀取最近的節點的特性，使網路資源效率提升。

**第三章 系統介紹**

**第一節 環境**

本組專案主要分成智能合約及網頁部分。智能合約部分是以Solidity語言撰寫，這是一種靜態型及合約式導向的程式語言，主要用途即是撰寫智能合約。由於此種語言仍處於開發階段，故其版本變動十分快速，本組所使用的版本是以0.8.0為主，需特別注意各版本的語法使用差異。當Solidity撰寫完成後，經過編譯即可於EVM執行，EVM(Ethereum Virtual Machine)，是智能合約運行的環境。網頁的部分則是以html語法為主，外加使用css及Bootstrap5.0.0，智能合約與網頁之間的溝通則是透過API用ethers.js進行連接。使用區塊鏈須透過以太坊代幣錢包進行交易，本組推薦使用的是MetaMask，這是一款相當簡單容易上手的錢包，能以Google Chrome套件的形式安裝，能輕鬆地與以太坊智能合約互動，對於測試智能合約來說十分便利。

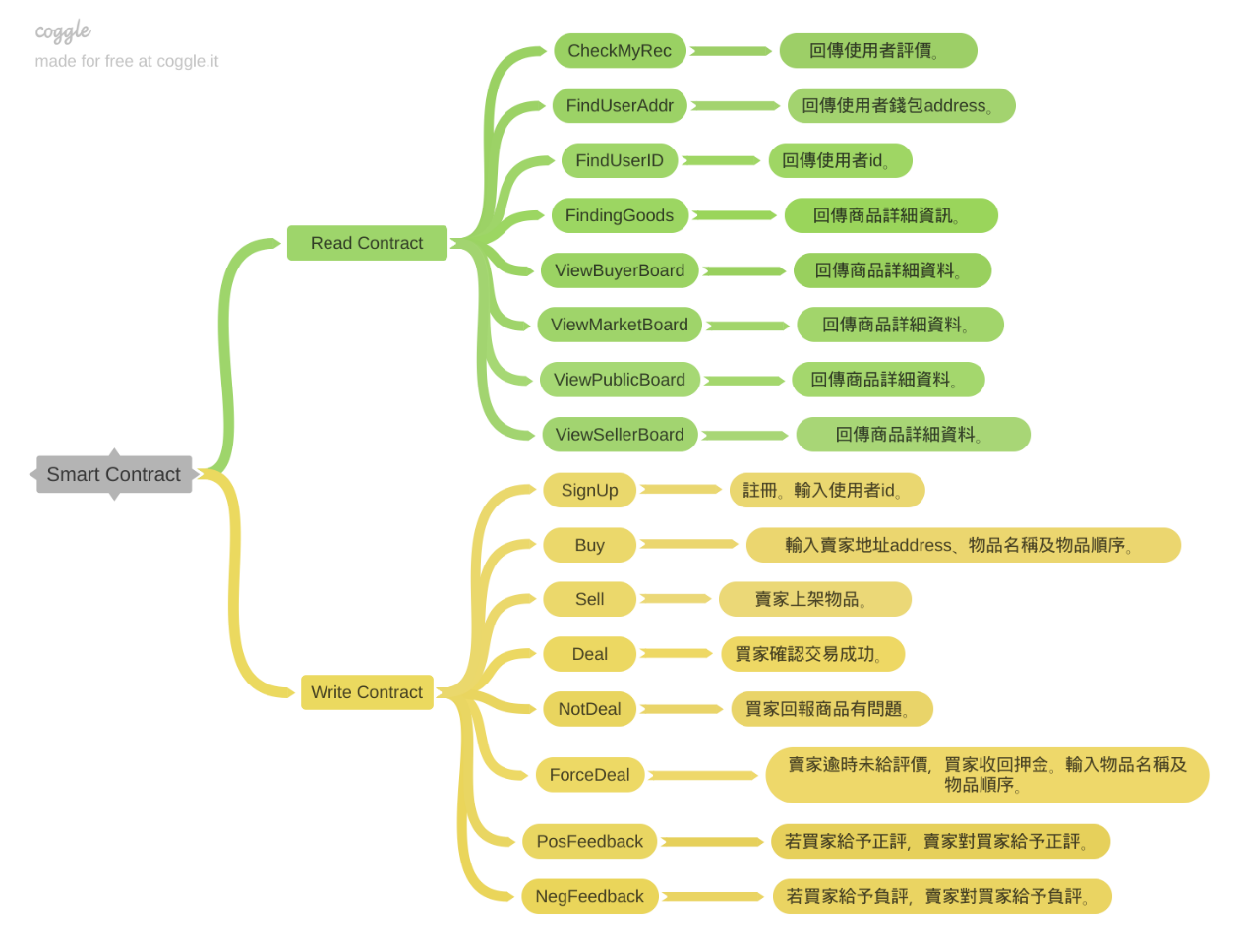


圖三、交易系統設計架構

本交易系統的買賣交易都是在智能合約上進行，使用者可以透用MetaMask這款錢包與合約進行所有交易互動，為讓所有使用者更方便使用，我們建立了一個網頁平台，使用者可以下載到自己電腦利用本地伺服器連上智能合約，或是直接連接我們架設的線上伺服器，我們透過API及Ethers.js技術使合約內容可以呈現在網頁上，大幅降低了不熟悉以太坊及智能合約使用者的使用門檻。

**第二節 智能合約內容簡介**

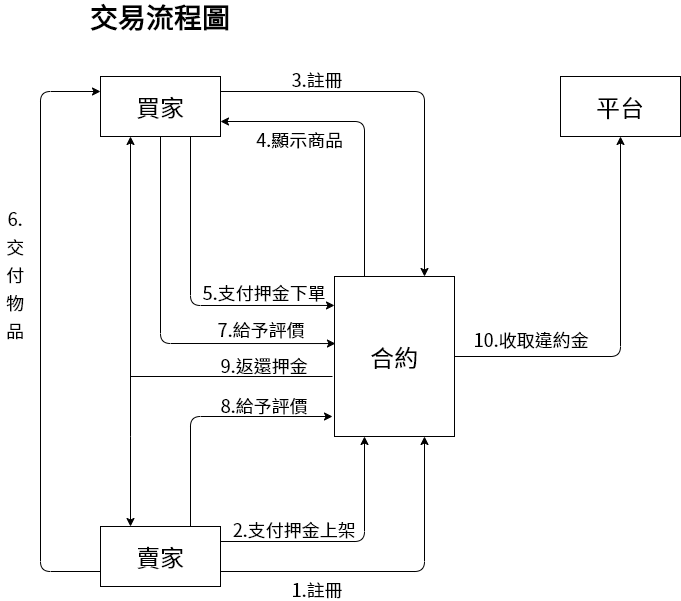
目前智能合約內有Read Contract及Write Contract。在Read Contract中有CheckMyRec、FindUserAddr、FindUserID、FindingGoods、ViewBuyerBoard、ViewMarketBoard、ViewPublicBoard及ViewSellerBoard等功能。在Write Contract中有SignUp、Buy、Sell、Deal、NotDeal、ForceDeal、PosFeedback及NegFeedback等功能。在Read Contract的部分都是用於讀取區塊鏈內容，我們不需要花費任何的Gas，相反地，若要使用Write部分的功能，就會需要與合約進行互動並且花費Gas，詳細智能合約內容介紹如下圖，所有程式碼皆於附錄中。



圖四、智能合約內容

**第三節 使用流程**

本節將詳細介紹交易平台的使用方式，我們一共分為十個步驟，賣家註冊、支付押金上架、買家註冊、顯示商品、支付押金下單、交付物品、買家給予評價、賣家給予評價、返還押金及收取違約金。以交易流程圖建構使用者整個交易流程的概念，再透過步驟式圖文介紹，讓使用者能快速上手，在進到平台前，需事先準備好MetaMask錢包，使用者可以在習慣的瀏覽器進行安裝，通常可以在擴充功能中找到。由於本系統目前是使用Rinkeby測試鏈，故使用者的錢包須先切換至Rinkeby測試網路。



圖五、交易流程圖

1. 賣家註冊



圖六、ShopP2P首頁

到網站首頁後，點選「馬上開始」按鈕或右上角「馬上註冊」就可以進到「註冊帳號」。



圖七、註冊帳號頁面

輸入你想要使用的暱稱，並按下「送出交易」，這邊的交易是合約進行0 ETH的交易，目的是將這個錢包地址記錄至合約中，需特別注意一個錢包地址僅能註冊一次。



圖八、錢包與合約互動

我們以MetaMask作為錢包示範，此時MetaMask會跳出合約互動的交易確認，按下「確認」等待合約互動，跳出完成交易通知即完成註冊。

1. 支付押金上架



圖九、交易市場頁面

註冊完成後，可以點擊「進入市場」到交易市場，這邊會顯示目前販售中的物品。若使用者想要販售物品，此時可以點擊「我要賣東西」。



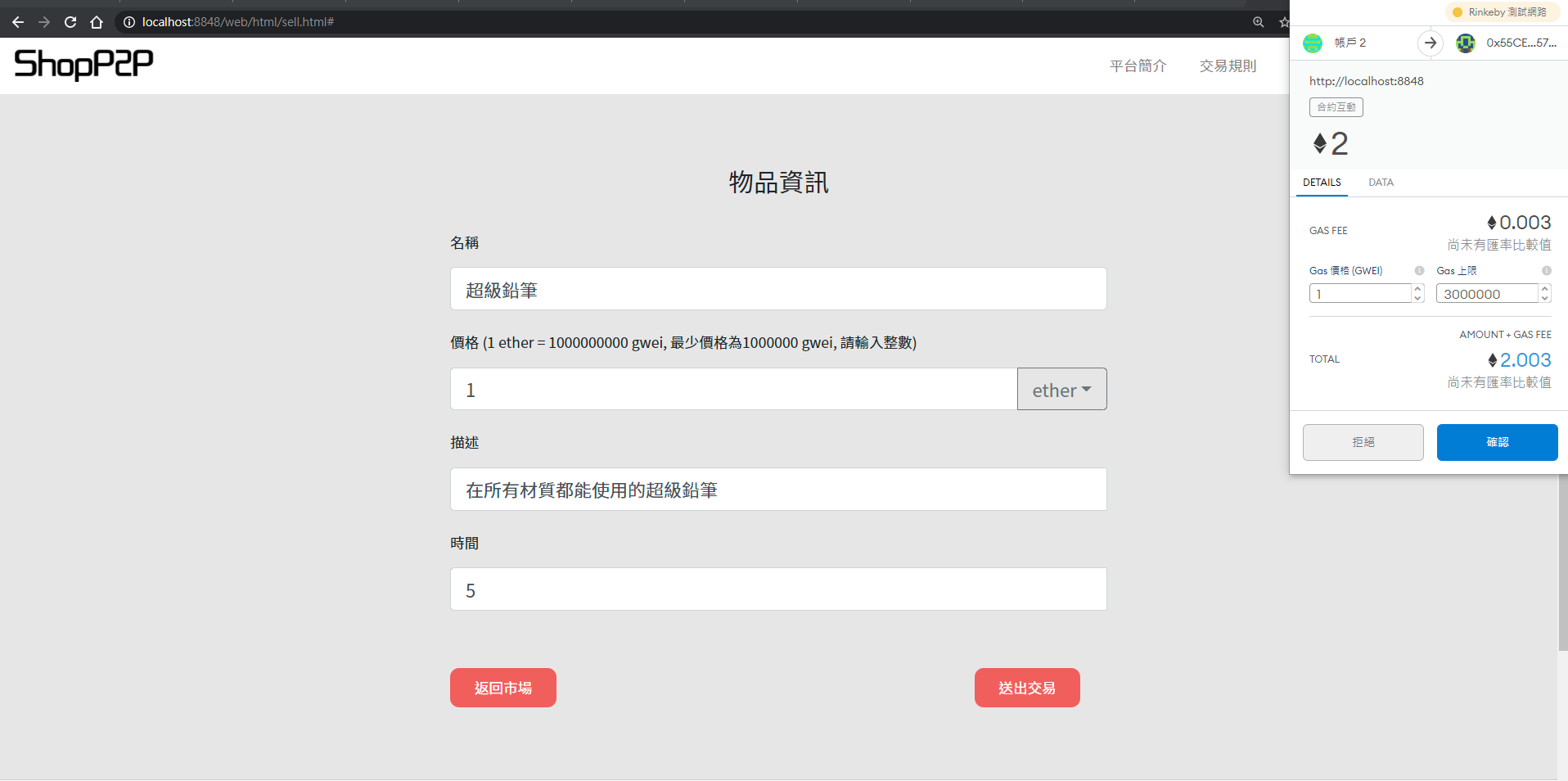
圖十、物品資訊頁面

選擇我要賣東西後，需要輸入商品資訊，包含商品名稱、價格、描述及時間(幾日內可以完成物品交付)。



圖十一、輸入物品資訊

輸入完商品內容後，點擊「送出交易」。



圖十二、錢包與合約互動

此時MetaMask會跳出合約互動的交易確認，賣家需支付售價之兩倍押金給予智能合約，點擊「確認」即可上架物品。跳出交易完成通知後，點擊「進入市場」到交易市場看上架之商品。

1. 買家註冊



圖十三、ShopP2P首頁

到網站首頁後，點選「馬上開始」按鈕或右上角「馬上註冊」就可以進到「註冊帳號」。

圖十四、註冊帳號頁面

輸入你想要使用的暱稱，並按下「送出交易」，這邊的交易是合約進行0 ETH的交易，目的是將這個錢包地址記錄至合約中，需特別注意一個錢包地址僅能註冊一次。



圖十五、錢包與合約互動

我們以MetaMask作為錢包示範，此時MetaMask會跳出合約互動的交易確認，按下「確認」等待合約互動，跳出完成交易通知即完成註冊。

1. 顯示商品



圖十六、交易市場頁面

從交易市場中可以看到上架的物品已經在交易市場中等待購買，此時可以看到販售物品、販售價格、賣家名稱、交易概述及到貨時間。

1. 支付押金下單



圖十七、交易市場中購買頁面

如果想要買東西的話，點選商品後會跳出「我要購買」按鈕。



圖十八、購買時錢包與合約互動

點擊「我要購買」後，MetaMask會跳出合約互動的交易確認，需要支付售價兩倍之押金給予合約，點擊「確認」等待交易。等待跳出完成交易通知，就代表下單成功。

1. 交付物品



圖十九、交易市場頁面

交易市場中的商品被買家下單，此時就不會顯示在交易市場中。



圖二十、我的物品頁面買入中

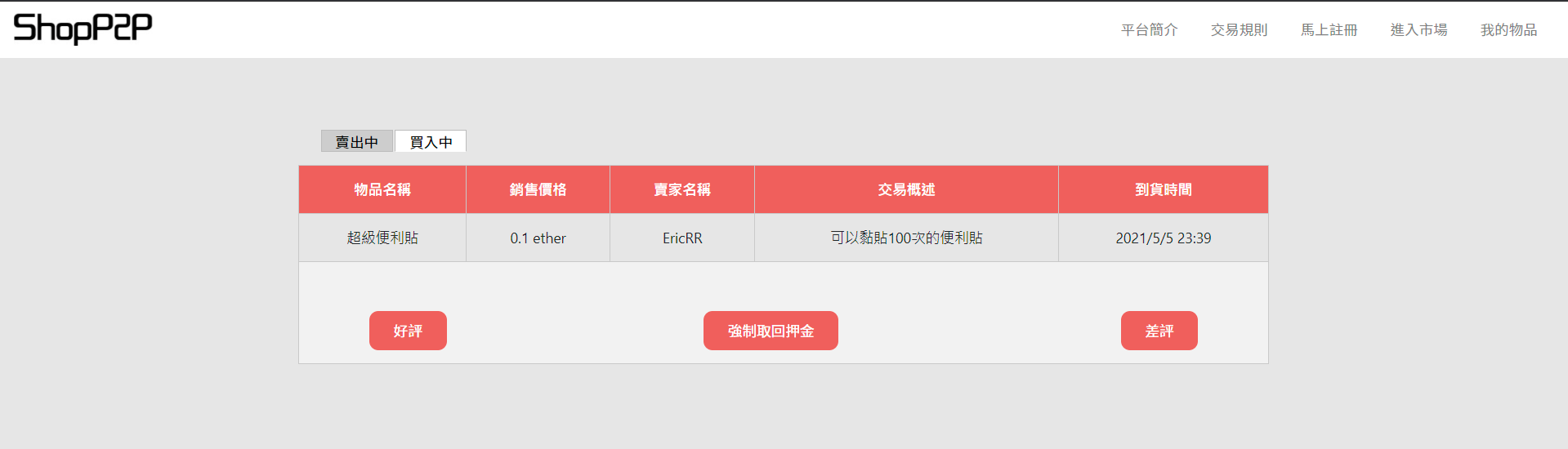
在買家視角中，商品改出現在「我的物品」的買入中，此時就可以跟賣家約交付物品。



圖二一、我的物品賣出中頁面

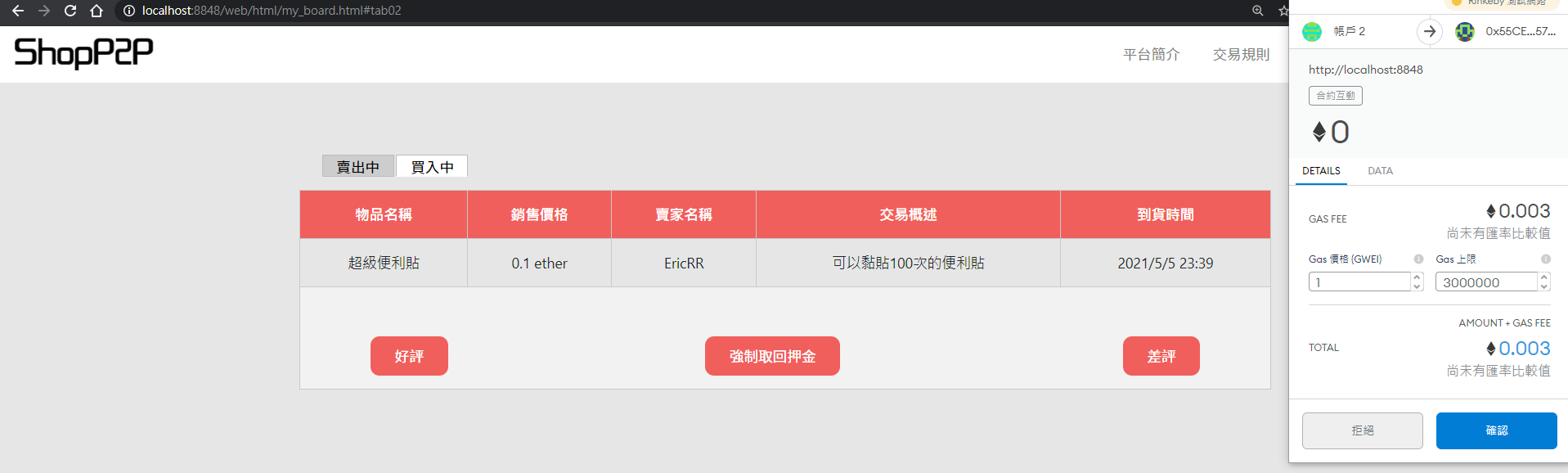
在賣家視角中，交易市場中的商品被下架，商品出現在「我的物品」的賣出中，此時就可以跟買家約交付物品。

1. 給予評價



圖二二、評價頁面

買家完成商品取貨後，可以選擇給予「好評」、「差評」。「強制取回押金」是在買家給予負評後，賣家遲遲不給回應評價時使用。



圖二三、平價時合約與錢包互動

選擇對應的評價按鈕後，需要跟合約互動，按下確認後等待執行交易及評價。等待跳出完成合約互動通知，就代表交易完成。

1. 賣家給予評價(僅發生於買家給予差評時)



圖二四、平價時合約與錢包互動

若買家給予差評，賣家可以選擇「好評」或「差評」，若買家給予好評則不會有此環節。

1. 返還押金

假設商品售價為10 ETH的情況，雙方交易前都給予合約20 ETH，合約內共有40 ETH：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 買家給評 | 賣家給評 | 發生時機 | 發生事件 |
| 好評 |  | 雙方交易順利 | 買方得到10 ETH  賣方得到30 ETH  平台得到00 ETH |
| 差評 | 好評 | 賣家有問題 | 買方得到30 ETH  賣方得到10 ETH  平台得到00 ETH |
| 差評 | 差評 | 雙方認為對方有問題 | 若買方歷史評價低於標準評價：  買方得到00 ETH  賣方得到20 ETH  平台得到20 ETH |
| 若賣方歷史評價低於標準評價：  買方得到20 ETH  賣方得到00 ETH  平台得到20 ETH |
| 若雙方歷史評價低於標準評價：  買方得到00 ETH  賣方得到00 ETH  平台得到40 ETH |
| 強制取回押金 |  | 買方給予差評後，  賣家不給回應評價 | 買方得到30 ETH  賣方得到10 ETH  平台得到00 ETH |

表二、返還押金情況說明

1. 收取違約金

發生於買賣家都給予對方差評，如上表，合約會自動執行歷史評價對比，信用評價低者會被收取押金視為違約金。

**第四章 討論與建議**

本研究基於預先規劃之交易構思，提出研究架構，及探討相關文獻，實作一套去中心化且公平合理收取手續費的交易系統，讓買賣雙方擁有一個不同的交易選項，其設計架構與理念也可以供其他相關研究者參考。區塊鏈具有去中心化的特性，讓整個服務不再需要中心機構的監督，不可竄改性更是保護區塊鏈的重要機制，讓個別惡意使用者無法竄改整個交易過程，此外所有資訊都可以在網路上被查看，因此具有高度透明的特性，在個人資訊保護也十分具有優勢，因為其具有匿名性的特性。以太坊中的智能合約則是本系統的核心技術，我們透過各種事前建立的交易機制，當條件成立時就會自動執行，此外我們也不用跟其他機構的區塊鏈合作，因此讓整個系統能夠獨立運作，免除了需要與他人交互驗證的情況。透過本組提出的系統，使用者可以讓總成本的組成僅剩下交易成本，不再是傳統以維護費用、人事費用及廣告行銷費用堆疊而成一個肥大的交易成本。本系統運用區塊鏈的特性，大幅增加了使用者資訊的安全。本平台每次交易時需等待錢包與合約互動，故無法做到即時交易，未來有機會可以研究如何減少互動時間，此外可以嘗試以太坊之外的選擇，或許會擁有更低的交易成本，以增加在費用方面的競爭力。

**參考文獻**

財團法人台灣網路資訊中心(2020)。**2020台灣網路報告書**。https://report.twnic.tw/2020/index.html

Satoshi Nakamoto (2008). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*.*www.bitcoin.org*

Yahya Shahsavari, Kaiwen Zhang, Chamseddine Talhi (2019). Performance Modeling and Analysis of the Bitcoin Inventory Protocol. IEEE International Conference on Decentralized Applications and Infrastructures (DAPPCON 2019) At: San Francisco, California, USA. Retrieved from www.researchgate.net/publication/331639364

Bojana Koteska, Elena Karafiloski, Anastas Mishev (2017). Blockchain Implementation Quality Challenges: A Literature Review. Sixth Workshop on Software Quality Analysis, Monitoring, Improvement, and Applications At: Belgrade, Serbia. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/320127088

V Buterin (2017). A next generation smart contract & decentralized application platform. Retrieved from <https://blockchainlab.com/>

梁憶芳 (2014)。 **基於個人資料保護法的個人資料檔案風險管理資訊系統**(未出版之碩士論文)。國立中興大學，台中市。

陸毅軒 (2019)。 **實現在每秒交易數量有限之公有區塊鏈下可稽核的彩票系統**(未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學，台北市。

加沛 (2018)。**不可不知 何謂「智能合約」？**。區塊客，https://blockcast.it/2018/03/11/what-is-a-smart-contract/。

鍾斯羽 (2017)。**應用區塊鏈技術之不動產交易系統設計**(未出版之碩士論文)。國立臺北科技大學，台北市。

潘宜萱 (2019)。**區塊鏈為基礎的信用卡交易清算架構之設計 -以台灣信用卡交易為例**(未出版之碩士論文)。輔仁大學，新北市。

黃英睿 (2019)。**tp-Merkle tree 提高公有區塊鏈交易速度之研究**(未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學，台北市。

蔡宛眞 (2019)。**區塊鏈技術於商務車聯網交易紀錄之實作與研究**(未出版之碩士論文)。國立聯合大學，苗栗縣。

歐日宋 (2019)。**基於區塊鏈技術之二手書交易市場**(未出版之碩士論文)。國立清華大學，新竹市。