

全球應用區塊鏈技術建構分散式能源交易之實例與效益探討

— 一案例顯示能源區塊鏈有助於促進電力交易的自由化與安全性

沈煒翔

國家能源發展策略規劃及決策支援能量建構計畫

工業技術研究院 綠能與環境研究所

摘要

區塊鏈(Blockchain)是一種沒有中央控制點的分散式對等網絡，使用分散式集體運作，其特點為去中心化存儲、資訊高度透明、不易篡改等。此區塊鏈去中心化、自我管理、促進市場與智能合約等特性，與能源互連網應用不謀而合。透過能源區塊鏈建立社區間再生能源交易網，更能夠帶來促進用戶間的自主交易市場、減輕電費負擔、提昇交易透明度與可信任度、降低系統風險、減少交易時間，以及促進再生能源的使用率與穩定性等多種效益。本文以美國紐約微電網公司 LO3 Energy、澳洲新興公司 Power Ledger 與瑞典能源公司 Vattenfall 等能源區塊鏈的實際應用案例，說明區塊鏈技術如何應用於分散式能源交易，並促進終端用戶之間的餘電分配與銷售。

關鍵字：再生能源、區塊鏈、分散式能源

一、前言

區塊鏈(Blockchain)是一種沒有中央控制點的分散式對等網絡，使用分散式集體運作的方法，實現一套不可篡改的，可信任的資料庫技術方案，其特點為去中心化存儲、資訊高度透明、不易篡改等[1]。

區塊鏈技術是一種最初用於比特幣的新興技術，其原理是一種去中心化的公開帳本，透過帳本傳遞各種資訊並儲存。區塊鏈上的帳本如同電子郵件一樣包含了寄件人、收件人與交易內容，數筆交易內容透過加密之後就形成了區塊，區塊與區塊之間的聯結則形成鏈，整體

的區塊鏈如同帳本的聯網，也能在這共識網路協定上做出許多應用，因此也有人認為區塊鏈將會是下一世代的網路[1]。

對於區塊鏈的發展與應用，特別在能源領域的應用，分別說明如下：

(一) 區塊鏈的發展與應用

區塊鏈是基於數學運算，並利用過往數十年各領域所累積的技術基礎結合產生的網路技術，其核心以雜湊現金 (Hashcash)、密碼學網路支付系統 (eCash)、橢圓曲線數位簽章演算法 (Elliptic Curve Digital Signature Algorithm, ECDSA) 等技術為基底，具有高度的防偽性與安全性[2]。

區塊鏈包含交易媒介、記帳單位、儲存價值、電子公證、智能合約五大基本功能，前三項是貨幣基本功能。而區塊鏈上儲存的資料具有高度公開與不易竄改等特性，能夠做為電子公證的歷史紀錄；智能合約則是寫在區塊鏈上的條件式程式碼，透過寫好的條件管控監測區塊鏈上的資料變化，當達到指定條件之後則可以引發事件，條件與事件可以囊括各種層面，像是條件可以設定每月繳交指定費用，連續兩個月未支付則觸發罰款事件等。

區塊鏈技術的發展分為三個階段，Blockchain 1.0 為數位貨幣 (Currency) 應用，Blockchain 2.0 則加入了智慧資產 (Smart Assets)、智慧契約 (Smart Contracts) 等貨幣以外的應用，Blockchain 3.0 則是更複雜的智慧契約，可以應用在政府、文化、藝術與醫療等不同領域上，而在 Blockchain 2.0 之後還可以分出一種 Blockchain 2.5，包括代幣 (貨幣橋) 應用、分散式帳本 (Distributed Ledgers)、資料層區塊鏈 (Data Layers Blockchain)、結合人工智慧 (Artificial Intelligent) 與無交易所的國際匯款網路。2.5 與 3.0 的不同在於前者強調的是貨幣橋應用，像是用在金融領域聯盟區塊鏈或是 1:1 的美、日、歐元等法幣數位化等，後者則是強調智慧契約部分[2]。雖然最初是用於比特幣

上，但是比特幣做為虛擬貨幣，受到了各國法規的限制，然而區塊鏈可以透過認許制或其他技術來達到管控所需節點，並提供治理架構（Governance Structure）及商業邏輯（Business Logic）兩大關鍵特性，且區塊鏈上儲存與傳遞的資料多元，並不僅在金融科技（Fintech），在各種行業上面都有應用技術相繼發展中。

（二）區塊鏈於能源領域之應用

區塊鏈與最近數年興起的能源互連網在許多層面上都能夠相互呼應：兩者皆具有去中心化與自我管理的思想，區塊鏈本身不存在一個中央的管理數據庫，每個節點都具備了完整的數據、權利與義務，並且由每個節點之間相互管理整個區塊鏈運作；而能源互連網的概念是「消費者即生產者」，強調的是個體之間對等的能源交易，而管理則是由系統本身自行調節與運作[3]。

同時區塊鏈與能源互連網都能夠促進電力市場交易的自由化，區塊鏈原本就是做為比特幣的交易平台，能夠提供一個自由且平等、即時化的市場機制，而能源互連網則是強調建立能源的交易市場；而能源互連網是由一連串的智能電力設備組成，需要透過智能合約來確保交易的執行，而區塊鏈可以寫入智能合約的特性恰好符合能源互連網的需求[3]。

區塊鏈提供的去中心化交易平台，最常見的應用是社區間再生能源交易電網，將區塊鏈與住戶的太陽能板、電網及儲能設備連結，讓住戶能夠直接與其他住戶交易，販售多餘或是購買所需的太陽能電力，同時提高太陽能的利用率。

區塊鏈分散式帳本的原理也促進了分散式能源系統的應用，如用在電動車相關的交易之中，透過使用電子錢包的區塊鏈平台可以將電動車與個人或企業的充電站相互連結，使司機可以處理與潔淨能源汽車相關的所有操作，包括共享充電站、支付通行費和充電電動汽車等。

至於區塊鏈透明公開的特性則可以應用在碳交易上，在碳交易市

場中如何一一追蹤各個業者的碳排放這筆龐大的資訊，並還要確保這些資訊正確且無法竄改是一項重大的考驗，而區塊鏈正好符合這樣的需求。它可以確保它所記錄的每一筆碳排放與碳交易都可以追溯其來源，甚至可以根據碳交易的路徑來計算碳排放於電網中的流動；而區塊鏈數據具有的高度不可竄改性與公開透明的特質，確保了各家業者資料的正確性，同時也讓買家可以即時查詢各家業者的發電或碳排放資訊，保證了碳排放權的公平公正。

此外，在區塊鏈中可以寫入智能合約的特性也能應用在許多地方，如在碳交易中達到碳排放認證與計量的自動化，同時自動確認業者與買方之間的交易是否合乎碳排放權的配額，若不符合則依據智能合約進行罰款。

二、區塊鏈於分散式能源交易之應用案例

以下列舉美國紐約微電網公司 LO3 Energy、澳洲新興公司 Power Ledger 與瑞典能源公司 Vattenfall 等能源區塊鏈的實際應用案例，說明區塊鏈技術於分散式能源交易上的應用。

(一) 美國微電網公司 LO3 Energy 的交互電網(TransActive Grid)平台

位於美國紐約的微電網公司 LO3 Energy 以能源區塊鏈技術為底創立了交互電網(TransActive Grid)平台，該公司與西門子公司合作，打算於布魯克林進行微電網控制器與平台的連結試驗，並展示區塊鏈數據如何平衡微電網的供需電力。

TransActive Grid 由兩個能源賣家與十三個潛在能源買家組成微電網，交易是透過以太坊 (Ethereum) 的智能合約技術達成，而電力的追蹤則透過了智慧電表紀錄[4]。

2016 年 4 月 11 日，經由 TransActive Grid 平台，布魯克林微電網進行了全世界首次的再生能源對等交易，自那天以來有 130 棟建築

向 LO3 Energy 登記希望參與這個計畫[5]。

對布魯克林而言，私人銷售與交易電力是違法的，LO3 Energy 公司的解決辦法是透過 Ethereum 的智能合約處理，由智慧電表收集相關的數據，能源生產商仍舊是將電力賣回給當地電力公司，消費者則是透過 Ethereum 在公開市場上購買這些電力[6]。

(二) 澳洲 Power Ledger 公司的生態鏈(Ecochain)平台

在世界的另一端，LO3 Energy 公司於澳洲拜倫灣 (Byron Bay) 開設了辦事處，計劃在澳洲設立交互電網，同時當地的新興公司 Power Ledger 也建立了名為生態鏈(Ecochain)的能源區塊鏈技術[7]。

Power Ledger 在 2016 年的 8 月下旬起於伯斯西南 220 公里處的一村莊針對 20 戶家庭，分成 10 戶賣家與 10 戶買家進行了為期八週的第一個 Ecochain 機制試驗，該處的電力零售價格約 26 澳分/kWh(約新臺幣 6.07 元/度)，而該實驗的目標是實現 15 澳分/kWh(約新臺幣 3.5 元/度)的交易價格。

該公司又於 2016 年 12 月 1 日宣布推出第二次的試驗，這次的實驗目的是要創建一個利用區塊鏈技術的住宅電力交易市場，這項實驗計畫由科廷大學(Curtin University)領導，於靠近伯斯處選擇了包含 80 戶家庭的四棟建築參與實驗，這次選擇的建築本身包括了太陽光電與電池存儲，交易將在建築內部與當地的微電網進行。

Power Ledger 公司建立的 Ecochain 機制一樣是透過智能合約來處理交易，值得一提的是他們的加密協定是 1 分鐘結算一次，比比特幣區塊鏈速度快上十倍，其識別各用戶生產的太陽能所有權，然後管理消費者向這些生產者或所有者購買電力的交易協定，這些動作是經由區塊鏈上寫好的程式自動演算運行，所以不會增加額外的商業成本。

於此同時，Power Ledger 公司與紐西蘭奧克蘭都會區的 Vector 公司合作針對超過 500 處地點進行測試，包括家庭、學校及社會團體，

Vector 公司對於屋頂型太陽能支援監測與管理應用技術，同時他們也和特斯拉公司合作將特斯拉的家用 Powerwall 和企業用 Powerpack 鋰電池儲能系統帶到澳洲與紐西蘭。

(三)瑞典能源公司瀑布電力(Vattenfall)的電力同行(Powerpeers)

在歐洲，對於能源區塊鏈的嘗試與發展可說是相當的蓬勃發展中，如芬蘭能源公司 Fortum 打算利用區塊鏈技術讓用戶於互聯網上控制電力、維也納的 Grid Singularity 公司打算用區塊鏈來驗證能源交易，德國電力公司 RWE 則是正在研究區塊鏈用於電動車充電方面 [8]。

此外，瑞典的能源公司瀑布電力 (Vattenfall) 在荷蘭建立了名為電力同行 (Powerpeers) 的新創公司，要在當地建立數字化、互動式的能源區塊鏈平台，Powerpeers 除了讓社區的住戶可以分享或交易他們多餘的太陽能電力之外，這個平台同時也連結了荷蘭數間的太陽能、風力與水力發電商，這讓用戶們可以自由的選擇他們的電力供給來源，組成自己的能源社區 [9]。

也就是說，Powerpeers 的區塊鏈平台並不只是讓住戶之間進行電力的交易，他還能夠強化使用者之間的交流，透過 Powerpeers，用戶可以輕鬆的邀請其他人來使用自己生產的電力，用戶可以自由的選擇要購買哪些人的電力，同時他自己也可以成為一個生產者。

三、區塊鏈對能源產業之影響與未來展望

以下分別說明區塊鏈對能源產業之效益、影響與未來展望。

(一) 區塊鏈應用對能源產業之益處

分析前述三件案例之後，可以看出使用了能源區塊鏈之後能夠帶來以下效益：

1. 住戶之間直接交易，有助於減少用戶電費

透過使用 TransActive Grid，住戶之間可以更加便利的交

換再生能源，原先想要綠電必需另外向潔淨能源公司購買，現在則可以直接向鄰居購買他們的太陽能板產生的多餘電力。

而澳洲的 Ecochain 機制則是更進一步的透過這樣的方式來減少用戶支付的電費，目前當地的電力供應商 Synergy 以 7 澳分/kWh 的價格收購多餘的太陽光電，但是用戶想要更多的電仍舊要花 26 澳分/kWh 購買，經由這套系統可以讓太陽光電的生產者在涵蓋電網成本之後，選擇一個介於上述兩者之間的價格賣給其他需要的用戶[10]。

對於有能力投資太陽光電的用戶來說，這套系統提供了比起以往模式更加具有經濟價值的回饋；而對於沒有能力投資的用戶來說，也能以批發價格獲取乾淨的再生能源電力，這是一種雙贏的結果。

2. 資訊公開透明可追蹤，高防偽性確保交易公正與能源安全

使用區塊鏈還有一個好處，那就是參與者與交易過程都是透明公開的，使用者可以隨時追蹤交易的過程與檢視數據是否正確無誤，確保交易公正。

如 Powerpeers 便鼓勵平台上的用戶去互相連接，讓用戶能夠看到交易的對象是誰，交易了多少能量，主要的目的是讓用戶更明白自身所使用的電力來自何方，或是前往何處，使交易更加的清晰[11]。

而 TransActive Grid 還能夠解決了一個公用電網上安全的疑慮，根據美國能源部門的數據顯示，美國能源部 (DOE) 網路在 2010 年到 2014 年之間遭受到了 1,131 次的網路攻擊，其中有 159 次駭客成功破壞了 DOE 網路，這樣的網路攻擊也並不只有針對美國，2015 年 12 月烏克蘭電網遭到駭客入侵，造成八萬人停電三小時；2016 年 1 月份的時候以色列亦曾被駭客利用垃圾郵件簡單的入侵了網路[12]。

因此，透過使用 TransActive Grid，可以簡單的加密交易過程與能源的交換，而區塊鏈本身具有防偽防竄改的特性，雖然不能直接的解決駭客入侵的問題，但不會在現有的系統上增加新的漏洞出來。

3. 使用區塊鏈數據庫，不需透過中介商，加速電力交易市場自由化

原本的正常市場交易中需要透過中介商來對兩個數據庫對帳，這可能會耗費兩到三天的時程；然而使用能源區塊鏈平台交易，區塊鏈數據庫會識別電力生產與使用的地點，並使用這些訊息做直接交易[10]。

目前當地的能源價格是根據當日的能源生產成本而定，所以當地用戶可以將電力儲存到蓄電池之中，等到高價的時候賣出，這也是電力交易即時化的一種成果。

4. 電力市場自由化，間接提升再生能源利用率與穩定性

Powerpeers 用戶的電力來源並不僅限於一個，這有助於減少用戶突發性缺電的情形，舉例來說，當一個沒有太陽、太陽能板效率低下的日子，用戶可以透過 Powerpeers 平台，從附近的風力發電公司購買到不足的電力。

(二) 區塊鏈對能源產業之影響

目前澳洲西澳大利亞州與維多利亞州的網路營運商都接受了區塊鏈技術的試用，事實上，Ecochain 的實驗背後便有當地的能源業者 Synergy 的支持。

電池存儲預計會在幾年內具備市場競爭力，並將會與電網電力進行競爭，當更多如 Ecochain 與 TransActive Grid 這樣的機制興起並具備實際的市場價值之後，既有的集中式能源企業勢必需要做出營運模式的因應與改變。

由於在這些機制中用戶相互交易的完成，仍舊需要依賴電網輸配

電力，它具備了分散式能源系統的特徵與優勢，卻並沒有完全破壞原先集中式能源企業的利益，長遠來看這套系統將消費者留下成為電網用戶，如何鼓勵消費者相互交易支付使用費將是保持電網價值的重點。

對於零售商而言，需要與消費者建立關係來促進交易，例如在一個建築能源結構中，一部份是消費者擁有的太陽能發電與電池系統，另一部份則是零售商提供的其他電源系統[13]。

至於歐洲方面，也已經有能源公司開始投資能源區塊鏈的產業，如德國電力公司 RWE 正在研究區塊鏈用於電動車充電方面，瑞典的能源公司 Vattenfall 建立了 Powerpeers，事實上有越來越多的新創公司開始針對能源區塊鏈領域進行開發，除了歐洲、美國與澳洲之外，中國大陸與南非也都有能源區塊鏈的新創公司陸續發展中。

（三）區塊鏈於能源產業應用的未來展望

使用能源區塊鏈也能夠提高太陽能的利用率，像是對於一個想要使用再生能源卻沒有空間安裝屋頂型太陽能板的場所，這套機制提供了一套在別處安裝太陽能板，並更加便利、更低成本的將電力轉移到需要處的可能性。

能源區塊鏈技術的發展與物聯網概念的興起，分散式能源系統正成為一種趨勢，而分散式再生能源系統的好處，便是在於它們可以讓目前無法參與者能夠參與獲利。對於一些沒有資本與能力興建大型集中式能源系統與設施的新興國家的政府來說，建造快速且成本相對低廉的分散式再生能源系統，無疑是一種最可行的替代能源模式。

四、結論與建議

能源產業正在經歷一場重大的轉變，分散式能源系統與能源物聯網的概念在全世界都掀起了一股新的浪潮，而能源區塊鏈這一嶄新的技術更是全面推動了這股浪潮，在歐洲、美國、澳洲、南非甚至是中

國大陸都出現許多的新創公司，利用能源區塊鏈推出新的服務與產品。

透過使用能源區塊鏈建立的社區間再生能源交易電網，更能夠帶來促進用戶之間的自主交易市場、減輕電費負擔、提昇交易透明度與可信度、降低系統風險、減少交易耗費時間，以及促進再生能源的使用率與穩定性等多種效益。

我國在區塊鏈的研究上，台大曾研發出一套 G-coin 系統使用的加密協定是每 15 秒就能結算一次，處理速度比起比特幣區塊鏈快上 40 倍，而且使用上更安全[14]；而中國信託則是建立了自己的區塊鏈實驗室，在 2016 年 10 月加入了國際區塊鏈聯盟 R3，為我國首例。除此之外，中國信託也與中華電信、臺大及政大合作，並且還打算加入具有智能合約的公共區塊鏈平台以太坊（Ethereum）[15]。至於在應用上，我國目前則有推出應用區塊鏈的群募平台[16]，另外還有在運動領域的商業運轉[17]。

從上述案例來看，我國在這方面的研究可說是並未落後國際太多，只是相對於國際大量的研究報告和論文，以及新創公司相繼出爐，我國仍未有針對能源區塊鏈的研究與應用、相關論文的產出，在能源區塊鏈領域上，可以說是還有相當的一段路要走。

至於我國目前能源政策目標為 2025 年提升再生能源占比到 20%，在裝設地面型太陽能板的土地有限的情況下，若是能在強化屋頂型太陽能裝設的同時，與台大 G-coin 系統或中國信託的區塊鏈實驗室合作發展能源區塊鏈，既能夠跟上國際分散式再生能源系統與能源區塊鏈的浪潮，亦能減低對既有電業與電網的衝擊，可以說是一條嶄新且雙贏的道路。

五、參考資料

- [1] 改變習慣 地球人類的下一個文明，2016/11/15，工業技術研究院。

<https://www.itri.org.tw/chi/Content/Publications/contents.aspx?&SiteID=1&MmmID=2000&MSid=712122423341026236>

- [2] 區塊鏈技術演進史，2016/4/23，iThome。
<http://www.ithome.com.tw/news/105370>
- [3] 能源互联网中的区块链技术：研究框架与典型应用初探，2016/8/5，中國電機工程學報。
https://www.researchgate.net/publication/305640411_nengyuanhulianwangzhongdequkuailianjishuyANJIUKUANGJIAYUDIANXINGYINGYONGCHUTanBlockchain_Technique_in_the_Energy_Internet_Preliminary_Research_Framework_and_Typical_Applications
- [4] Transactive Grid: Blockchain Technology Powers Microgrid In Brooklyn, Blockchain News, 2016/7/15.
<http://www.the-Blockchain.com/2016/07/15/transactive-grid-Blockchain-technology-powers-microgrid-in-brooklyn/>
- [5] Blockchain holds key to reinventing energy grid, The Huffington Post, 2016/7/29.
http://www.huffingtonpost.com/don-tapscott/Blockchain-holds-key-to-r_b_11258136.html
- [6] Energy Startup's Patent Uses Ethereum Blockchain For Transactions, ETHNews, 2016/11/3.
<https://www.ethnews.com/ethereum-Blockchain-transactions-energy-startup-patent>
- [7] Australia – land of Blockchain opportunity, Engerati, 2017/1/10.
<https://www.engerati.com/article/australia-%E2%80%93-land-Blockchain-opportunity>
- [8] Blockchain may fuel the energy industry, Finextra, 2016/11/22.
<https://www.finextra.com/blogposting/13394/Blockchain-may-fuel-the-energy-industry>

- [9] POWER FROM YOUR NEIGHBOURS, news.vattenfall.com, 2016/6/13.
<http://news.vattenfall.com/en/article/power-your-neighbours>
- [10] World-first trial lets WA residents sell their own excess solar power, WAToday, 2016/8/15.
<http://www.watoday.com.au/wa-news/worldfirst-trial-lets-wa-residents-sell-their-own-excess-solar-power-20160815-gqt423.html>
- [11] Powerpeers laat mensen energie met elkaar delen, bright.nl, 2016/6/20.
<https://www.bright.nl/sponsored-special/powerpeers-laet-mensen-energie-met-elkaar-delen>
- [12] This New York Project Fuses Energy Microgrids With Blockchain Technology, fastcompany.com, 2016/5/1.
<https://www.fastcompany.com/3058201/this-new-york-project-fuses-energy-microgrids-with-Blockchain-technology>
- [13] Blockchain-Based Peer-To-Peer Solar Energy Trading To Be Tried In Perth, Clean Technica, 2016/8/13.
<https://cleantechnica.com/2016/08/13/Blockchain-based-peer-peer-solar-energy-trading-trialed-perth/>
- [14] 較比特幣區塊鏈快 40 倍！台大成立「金融科技暨區塊鏈中心」研發新區塊鏈技術「G-coin」，數位時代，2016/3/4。
<https://www.bnext.com.tw/article/38845/BN-2016-03-04-192059-143>
- [15] 【臺灣第一家國際區塊鏈 R3 聯盟成員】積極國際化，中國信託 4 大策略搶攻臺灣區塊鏈優勢，iThome，2016/11/22。
<http://www.ithome.com.tw/news/109476>
- [16] 捐款去哪裡？台灣出現導入區塊鏈的群募平台，科技新報，2017/4/3。

<http://technews.tw/2017/04/03/taiwan-Blockchain-group-raised/>

[17] 走出試驗階段，運動區塊鏈實作 BraveLog 上線，數位時代，2017/1/4。

<https://www.bnext.com.tw/article/42620/you-can-check-your-score-via-bravelog>