

區塊鏈技術及營建產業應用案例探討

成果報告

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 109 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究人員意見，不代表本機關意見)

PR10912-0123

區塊鏈技術及營建產業應用案例探討

成果報告

研究人員：林谷陶

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 109 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究人員意見，不代表本機關意見)

ARCHITECTURE AND BUILDING RESEARCH INSTITUTE,
MINISTRY OF THE INTERIOR
RESEARCH PROJECT REPORT

**Blockchain technology and application cases of
construction industry**

BY
KU-TAO LIN

December 2020

目次

目次	III
表次	V
圖次	VII
摘要	IX
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 研究目的	1
第三節 研究內容與方法	2
第二章 認識區塊鏈	3
第一節 何謂區塊鏈	3
第二節 區塊鏈的原理	7
第三節 區塊鏈的類型	10
第四節 區塊鏈的演進	11
第五節 區塊鏈小結	15
第三章 區塊鏈的應用	17
第一節 區塊鏈在金融服務的應用	18
第二節 區塊鏈在數位資產的應用	21
第三節 區塊鏈在農業物流的應用	24
第四節 區塊鏈在智慧醫療的應用	27
第四章 區塊鏈在營建相關產業的應用	31
第一節 營建產業現況與資訊科技	31
第二節 營建業應用區塊鏈的潛力	34
第三節 營建業應用區塊鏈的情境	36
第四節 國內外營建業應用區塊鏈的案例	46
第五節 營建業導入區塊鏈關鍵問題分析	58
第五章 結論與建議	61
第一節 結論	61
第二節 建議	62
附錄一 109 年度自行研究期初審查會議紀錄	63
附錄二 109 年度自行研究期中審查會議紀錄	65
附錄三 109 年度自行研究期末審查會議紀錄	67

附錄四 區塊鏈重要術語及定義	71
參考文獻	73

表 次

表 2-1 各種類型區塊鏈的主要特徵·····	11
表 4-1 主要國家營建生產毛額占 GDP 比率·····	32
表 4-2 法國房地產建設業者成本結構·····	47

圖 次

圖 2-1 產業領域應用區塊鏈示意圖·····	4
圖 2-2 集中式與區塊鏈分散式紀錄(帳本)保存示意圖·····	5
圖 2-3 區塊鏈交易方式示意圖·····	6
圖 2-4 區塊鏈結構與概觀·····	7
圖 2-5 區塊鏈帳本結構·····	8
圖 2-6 比特幣區塊鏈作業流程·····	9
圖 2-7 比特幣整合的資訊技術·····	8
圖 2-8 比特幣區塊鏈的資料結構·····	9
圖 2-9 區塊鏈基本分類特性·····	10
圖 2-10 區塊鏈結合物聯網是天作之合·····	12
圖 2-11 區塊鏈技術的演進·····	12
圖 2-12 比特幣區塊鏈的資料組成結構·····	13
圖 2-13 區塊鏈 3.0 組成結構·····	14
圖 2-14 傳統區塊鏈與 DAG 結構比較示意圖·····	16
圖 3-1 中國信託結合區塊鏈加速信用狀流程 ·····	19
圖 3-2 竹藤藝術品「乘風揚帆」·····	24
圖 3-3 區塊鏈數位資產運作流程·····	24
圖 3-4 IBM Food Trust™平台·····	25
圖 3-5 台北醫學大學病歷上鏈：保險理賠、轉診不用再等·····	29
圖 4-1 區塊鏈促進營建產業的三種特性·····	34
圖 4-2 區塊鏈促進營建業協同作業·····	35
圖 4-3 智慧合約管理工程現場時間及付款系統·····	36
圖 4-4 區塊鏈促進設計換專案協同作業·····	37
圖 4-5 透過區塊鏈提交設計圖說·····	38
圖 4-6 工程現場物聯網與區塊鏈整合應用·····	39
圖 4-7 區塊鏈促進更具透明度的材料供應鏈·····	40
圖 4-8 區塊鏈協助簡化採購和付款作業·····	41
圖 4-9 BIM 和智慧資產啟用區塊鏈的營運模型·····	43
圖 4-10 整合 BIM、IoT 和區塊鏈技術的系統設計·····	45
圖 4-11 BIM 結合區塊鏈和 IoT 成為中央即時作業儀表板·····	46
圖 4-12 營建產業契約與金流關係·····	49

圖 4-13 區塊鏈導向的營建作業關係.....	49
圖 4-14 營建區塊鏈聯盟解決方案架構.....	51
圖 4-15 以太坊區塊鏈上記錄的認證意見.....	52
圖 4-16 使用者儀表板中顯示以太坊區塊鏈的認證意見.....	52
圖 4-17 台灣世曦導入工程治理區塊鏈	54
圖 4-18 塔塔鋼鐵的鋼樑產品的生命週期追蹤區塊鏈.....	55
圖 4-19 積水房屋租賃契約使用區塊鏈和應用程式圖.....	56
圖 4-20 透過區塊鏈共享建物資訊/住戶資訊圖	57
圖 4-21 聯合各公司成立聯盟建立的資訊共享平台圖.....	57
圖 4-22 企業導入區塊鏈的決策流程圖.....	60

摘要

關鍵詞：區塊鏈、營建產業

我們正處於前所未有的技術變革和顛覆時期，BIM，區塊鏈技術，機器學習，物聯網，大數據分析，人工智慧等，都對大多數產業都產生了數位轉型的重大影響，而歐美、澳紐、日、中等也對營建產業導入區塊鏈技術，鼓勵變革持續投以關注。

本報告為呼應我國數位轉型之政策目標、推動策略與配套措施，其中所提出應發展物聯網、大數據、人工智慧、區塊鏈等科技，強化資料應用，乃持續關注與大數據科技相關之互聯網、物聯網、雲端運算、人工智慧或借鑒其他產業最新區塊鏈技術應用，如區塊鏈在金融服務、數位資產(數位版權)、農業物流、智慧醫療的應用等；探討營建產業現況與資訊科技關係、應用區塊鏈的潛力、應用區塊鏈的可能情境、國內外營建業應用區塊鏈的案例，並分析營建業導入區塊鏈關鍵問題分析，此外亦收集國內外案例進行分析。

本報告最後建議我國營建產業必須重新構思實體與資訊數據流程，以提高資訊透明度，並提高產業對工作成果的可追溯性和可問責性的方法，並之未來發展方向、策略及研究課題如下：

短期建議

建議一：建議探討智慧家庭照護和第三方醫療系統之間的互操作性、智慧電網中輔以 P2P 的能源交易，智慧家庭可信的數據收集及交易平台以進行激勵數據收集並創造新的價值鏈。

長期建議

建議二：建議探討我國房屋租賃市場導入區塊鏈技術，開發出的房地產物業管理系統，以創造出新的業務和服務。

建議三：針對整體營建產業進行導入區塊鏈的調查，探討產業相關利益者對區塊鏈技術的了解程度、意願、目前應用情型及預期效益等。

建議四：建議探討智慧城市及智慧建築區塊鏈技術優勢(分散式、可信任、不可篡改、智慧合約等)解決傳統中心化大數據、人工智慧應用過程中，數據孤島、數據安全威脅、數據確權與加值應用等問題。

Abstract

Keywords: blockchain · construction industry

We are in an unprecedented era of technological change and subversion. BIM, blockchain technology, machine learning, the Internet of Things, big data analysis, artificial intelligence, etc., have all had a significant impact on digital transformation in most industries, while Europe, America, Australia, New Zealand, Japan, and China etc., have also introduced blockchain technology to the construction industry to encourage continuous investment in reforms.

This report tends to respond the policy objectives, promotion strategies, and supporting measures of China's digital transformation. It proposes to develop technologies such as the Internet of Things, big data, artificial intelligence, and blockchain to strengthen the application of data. It is to continue to pay attention to the related big data technology. The Internet, the Internet of Things, cloud computing, artificial intelligence or the latest application of blockchain technology in other industries, such as the application of blockchain in financial services, digital assets (digital copyright), agricultural logistics, and smart healthcare; discuss the current status of the construction industry and Information technology relations, the potential of the application of blockchain, the possible scenarios of the application of blockchain, the case of application of blockchain in the construction industry at home and abroad, and analysis of key issues in the construction industry to introduce blockchain, in addition to collecting domestic and foreign cases for analysis.

This report finally suggests that our country construction industry must reimagine entities and information data processes to improve information transparency and improve the industry's traceability and accountability of work results. The future development directions, strategies and research topics are as follows :

Recommendation 1: Conduct a survey on the introduction of blockchain for the overall construction industry, and explore the understanding,

willingness, current application situation and expected benefits of blockchain technology by industry stakeholders.

Recommendation 2: It is recommended to explore the advantages of smart city and smart building blockchain technology (decentralized, trustworthy, non-tamperable, smart contracts, etc.) to solve the traditional centralized big data, artificial intelligence application process, data islands, data security threats, data Issues such as weight determination and value-added applications.

Recommendation 3: It is recommended to explore the interoperability between smart home care and third-party medical systems, P2P energy transactions in the smart grid, and a trusted data collection and transaction platform for smart homes to encourage data collection and create new value chain.

Recommendation 4: It is recommended to explore the introduction of blockchain technology in the housing leasing market in our country and the development of real estate property management systems to create new businesses and services.

第一章 緒 論

第一節 研究緣起與背景

我國為掌握數位轉型浪潮發展契機，2016 年 11 月行政院核定「數位國家・創新經濟推動方案」，該方案推動主軸之一「數位國家」目標設定為「民眾有感之開放政府智慧治理」，期望行政院各級機關共同協力落實「智慧政府」之政策目標、推動策略與配套措施。其中提出應發展物聯網、大數據、人工智慧、區塊鏈等科技，強化資料應用促進智慧政府治理[1]。

又根據上述政策，本所 2019 年進行之自行研究案「我國與日本推動智慧家庭數據應用環境政策比較研究」發現智慧化家庭數據共享增值應用仍有隱私及安全疑慮，建議應持續探討提出數據分析所需資料格式、儲存，提出符合開放、共享之機制建議，並探討符合隱私保護可能的新興數位科技應用技術及可能智慧經濟情境與模式；持續關注與大數據科技相關之互聯網、物聯網、雲端運算、人工智慧或借鑒其他產業最新應用科技(如區塊鏈)等，探討智慧化居住空間可能之應用，提出未來發展方向、策略及研究課題[2]。

2017 年 9 月，歐洲物品編碼協會 GS1 宣布與 IBM 和 Microsoft 合作，促進供應鏈客戶端企業的區塊鏈應用中採用 GS1 標準(即目前現行最通用產品條碼標準發行機構)。GS1 的全球身份識別和結構化數據標準，可以促進區塊鏈網路用戶擴大企業的採用率，並維護有關供應鏈和物流事件真相的唯一共享版本，從而提高數據完整性和各方之間的信任度，並減少數據重複和對帳[3]。

營建產業也同樣面臨著數位轉型 BIM、區塊鏈技術、物聯網、大數據分析、人工智慧等技術，所帶來前所未有的變革環境和"資訊海嘯"顛覆時期。爰幾可確認數位貨幣之底層技術區塊鏈對於數據共享之隱私，安全保護，或可為營建產業乃至智慧城市、智慧建築帶來獨到解決方案，是為本報告發想構想之緣起。

第二節 研究目的

我國亦在數位轉型浪潮掌握發展契機，2016 年 11 月行政院核定「數位國家・創新經濟推動方案」，該方案推動主軸之一「數位國家」目標設定為「民眾

有感之開放政府智慧治理」，爰交由國家發展委員會研擬智慧政府規劃，並召開跨部會協調會議，請各部會從解決民眾生活痛點出發，積極規劃服務民眾、企業與政府之智慧政府相關作為，期望行政院各級機關共同協力落實「智慧政府」之政策目標、推動策略與配套措施。

綜觀各國推動概況，「智慧政府」之概念泛指各類改善政府對民眾、企業的服務作為，強調政府以「資料」為骨幹，應用物聯網與區塊鏈等創新科技，串聯政府服務與民眾需求，結合人工智慧雲端運算，優化決策品質。為因應新興網路產業活動及生活型態，多數先進國家已推動相關智慧政府發展計畫，共通性發展趨勢包含：「政府資料強化加值應用」、「資料分析優化政府決策」及「創新科技普及民生服務」。

爰擬探討區塊鏈於智慧建築、智慧家庭數據共享，乃至建築產業整體應用之可行性；因係初次接觸區塊鏈，本年度將首先瞭解區塊鏈的源起、技術背景內容，探討國外內各產業領域應用之典範案例，及營建產業之應用現況，俾供後續深入探討之評估參考。

第三節 研究內容與方法

本報告主要是以文獻收集，回顧國內外有關區塊鏈技術內容、演進，與大數據人工智慧、智慧建築及相關產業應用案例之相關期刊論文、報告等，並搜尋目前國內外營建業推動現況，初步了解區塊鏈在我國營建業導入可能性及趨勢。

第二章 認識區塊鏈

近年來，科技已經以幾乎無法追趕的速度持續創新。人工智慧、機器人科技、雲端科技和物聯網只是改變我們的生活方式和工作方式的一些例子。2015年以來，十年狂熱加密貨幣的底層技術"區塊鏈"技術引起了學術界和產業界的高度關注，被認為是繼個人電腦、互聯網、行動社群網路之後運算典範的第五次顛覆式創新，很可能帶來新一輪技術革新和產業變革。區塊鏈是一種新技術，雖然目前其應用還未普及，但已成為近年來最熱門的資訊技術之一。

世界經濟論壇認為區塊鏈是第四次工業革命的基礎新興技術，就像互聯網是上一次(或第三次)工業革命一樣。它的定義功能是其分散式且不變的帳本和高級加密技術，無需第三方中介機構，即可在各方之間安全、廉價地轉移各種資產。與當今的互聯網平台公司不同，它還通過設計實現了民主化，允許網路參與者通過託管節點(區塊鏈上的設備)來擁有一部分網路。區塊鏈不只是啟用數位貨幣的工具。從最根本的角度來看，它是一個新的，分散的全球計算基礎架構，可以改變商業，治理和社會中的許多現有流程[4]。

本報告參考了國內外書籍期刊[3, 5-11]，綜整區塊鏈技術分述如下：

第一節 何謂區塊鏈

基本上，區塊鏈可說就是去中心化交易的分散式記錄或"帳本"，並利用加密技術並按時間順序儲存，等於是永久且幾乎不可更改的方式存儲交易紀錄。區塊鏈整合著各種資訊核心技術共同建構，其網路採取的演算法促進了去中心化共識、應用於交易驗證，並且寫入公共帳本(通常是分散的、不由中央機構(例如銀行或政府)管理)，並且一旦發布，就無法更改區塊鏈上的資訊。

一、區塊鏈受重視的原因

各行各業因經濟社會的變遷，越來越重視那些技術可以增進產業生產力，精簡營運流程，並能促進客戶關係(尤其是信任)，其中區塊鏈技術是可能增加價值、提高透明度和有效性的最顯著技術。

在每項業務中，最有價值和無形的資產之一就是信任。它在組織內的管理層和員工之間有許多層次。但同樣，它是組織與其合作夥伴或客戶之間任何交易的組成部分。

通常，這種信任是由第三方和中介機構來實現的，這些機構和中介機構確保契約雙方具有相互開展業務的權力、透明度和合法權利。但是，這種方法在快速發展的全球經濟中具有越來越大的複雜性和越來越多的交互作用。因此，第三方實現的信任和透明度變得太複雜了，資訊通常被隱藏起來，並且通常是一個耗時且昂貴的過程。

在 2008 年的金融危機之後，金融業者擔任的中介角色被認為非常脆弱，明顯受到質疑。因此從那時起，對傳統建立的第三方保證信任和信心已不足，開始轉向尋找替代的解決方案。政府機構、企業、金融、顧問業者都已經意識到必須改變產業、商業模式和營運流程，增加信任度的潛力；例如，付款結算、會計、管理、供應鏈、客戶關係、資金等。

區塊鏈就是這類解決方案中的一種，因為它可以確保在網路的所有參與者之間透明地分發資訊，而沒有一方可以完全控制數據。資訊是以預先定義的、不可更改、幾乎同時的方式共享。此外，記錄在區塊鏈上的所有分佈式數據都是不可變的。



圖 2-1 產業領域應用區塊鏈示意圖

資料來源：Balint Penzes, A. K., Chris Gage, Tamas Dravai, Mat Colmer, BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY_Digital Transformation for High Productivity.ice Institution of civil Engineers, December 2018. (本報告譯釋)

二、何謂區塊鏈

區塊鏈是一種分散式帳本技術(DLT)，它是十年前作為比特幣的基礎技術，而首次廣泛引入的。因此必須瞭解什麼是分散式帳本。

分散式帳本其實就是一種簡單資料(數據)庫的類型，但是具有特殊的屬性。它是分散式的，意味著資料庫以共享的方式分散在多個位置。因此，它與典型的雲端系統或 Internet 上的其他網路共享機制有一些相似之處。但不是只有一個資訊來源，而是透過分散的多個儲存(稱作帳本)進行多重接取，同時更新。分散式帳本其實也是一種網路，每個參與者都可以在此網路之間以對等方式進行互動或交易。通過 DLT 的高彈性網路協議或共識機制，可以在互動各方之間直接進行資訊交換，而無需任何中央管理機構的中介處理。

然後，將這些互動進行加密保護，並添加到區塊鏈系統上成為不可變動的記錄鏈。

例如，假設有一系統可以取代契約各方之間所有交易的集中式會計帳本(a)；這個系統是由每一參與者所共同維護多項記錄(b)。

就此而言，各節點(電腦)所形成的網路及其協議共同維護的區塊鏈上，只有一個惟一的資訊來源或事實來源(交易、互動的不可變記錄)——並與網路上所有互動的各方共享。

集中式(a)和分佈式(blockchain)記錄保存(b)

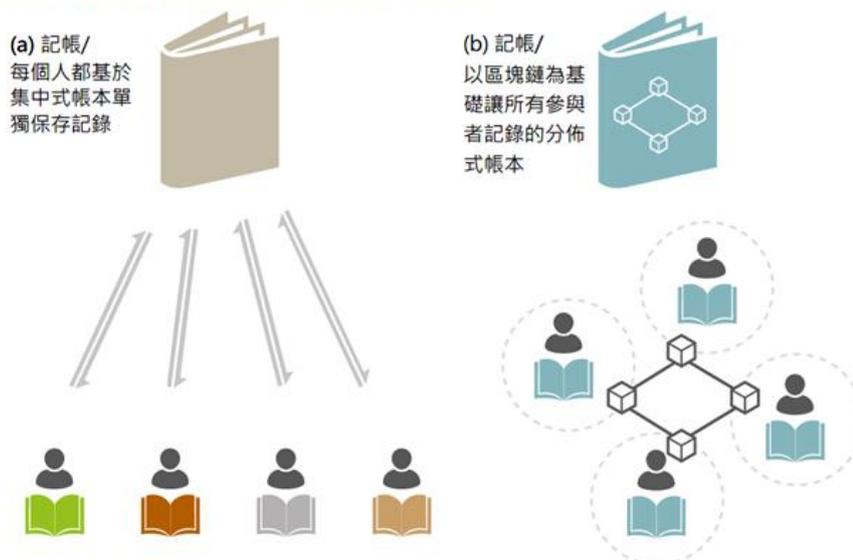


圖 2-2 集中式與區塊鏈分散式紀錄(帳本)保存示意圖

資料來源：Balint Penzes, A. K., Chris Gage, Tamas Dravai, Mat Colmer, BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY_Digital Transformation for

High Productivity.ice Institution of civil Engineers, December 2018. (本報告譯釋)

透過加密之後，這些包含在塊中的交易是無可爭議的。此外，由於區塊鏈的每個區塊都包含鏈中先前區塊的元素/資訊，因此建立了一個極具強健的受信任記錄。如果有人想要修改一個區塊，則需要更改整個鏈，而這需要控制絕大多數網路節點。這與比特幣的區塊鏈系統相同，後者沒有中央權力機構，自 2009 年成立以來，其公有區塊鏈網路對攻擊的抵禦能力極強。

二、區塊鏈的交易方式

藉由區塊鏈簡單交易範例來看看區塊鏈是如何運作的，如圖 2-3。首先，在兩方之間發起交易(1)。然後，將此交易建立成唯一的數據，並廣播到整個網路，等待驗證(2)。在驗證過程中，除其他外，檢查發送方/接收方是否適當以及同一交易沒有被重複進行(雙花)。在網路達成共識後完成驗證，並將雜湊處理過的交易訊息打包在"塊"中，以建立防篡改的記錄(3)。然後，用新的塊更新區塊鏈，這樣整個網路(所有節點)也擁有自己的區塊鏈最新副本(4)。最終，交易結束，轉移的數位資產、數據或訂單等，連同其來源和轉移事實的不可變記錄被接收(5)。

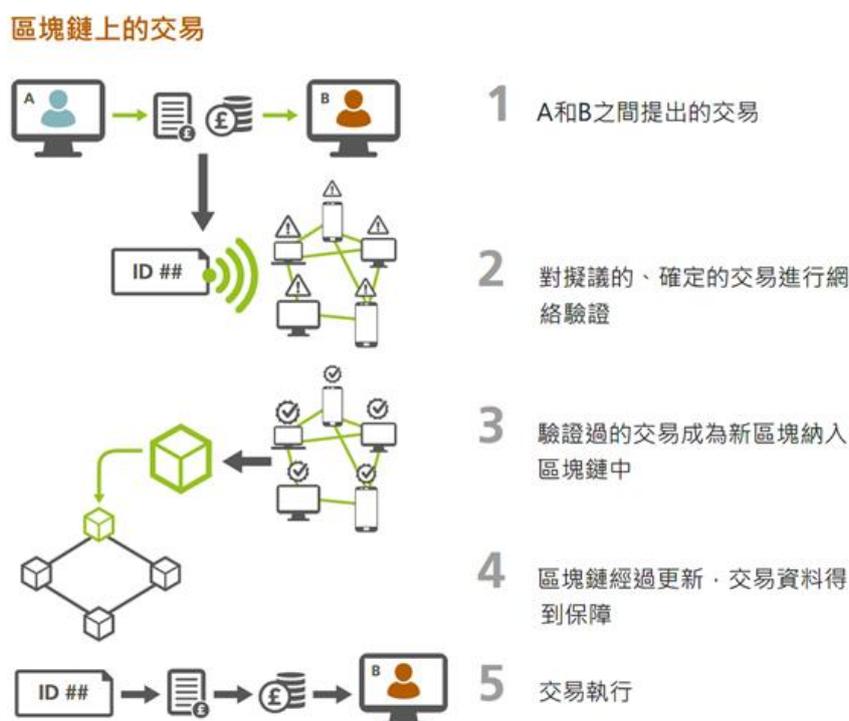


圖 2-3 區塊鏈交易方式示意圖

資料來源：Balint Penzes, A. K., Chris Gage, Tamas Dravai, Mat Colmer, BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY_Digital Transformation for High Productivity. ice Institution of civil Engineers, December 2018. (本報告譯釋)

在此過程中，沒有中央的第三方或會計人員可以對帳本進行任何更改，而無需網路的共識和驗證。因此，任何變更或新的交易都需要由網路利益相關者（節點）批准並同意。

只有強大的密碼技術才能實現共享數據的機制，並將不變的唯一性與資訊相關聯起來。這使區塊鏈上的嵌入式演算法可以確保交易不會重複。網路中每個節點上的區塊鏈副本都是相同的，並且會同時進行更新。還授予對數據的權限和可訪問性。不可避免地，為了使人們信任區塊鏈上記錄的數據，它還必須確保擁有前所未有的安全性。無可比擬事實是，比特幣的公共區塊鏈系統在存在的近十年中從未遭到駭客攻擊。

第二節 區塊鏈的原理[3, 5, 11]

用最簡單的話來說，區塊鏈由一個個區塊接鏈組成，鏈將可稽核數據儲存在稱為塊的單元中。每個塊均包含數據(任何值)，其自身的雜湊值(即透過複雜演算法，生成唯一包含字母和數字的加密值)以及指向前一個塊的雜湊的指標，如圖 2-4、2-5。

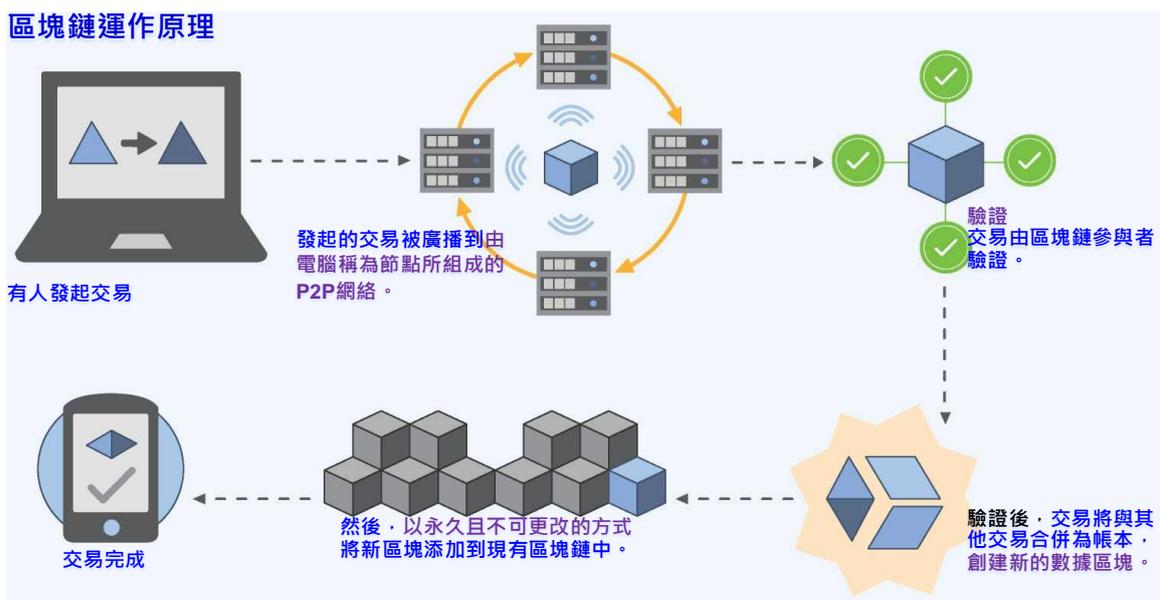


圖 2-4 區塊鏈結構與概觀

資料來源：世界經濟論壇[4](本報告譯釋) http://www3.weforum.org/docs/WEF_Building-Blockchains.pdf

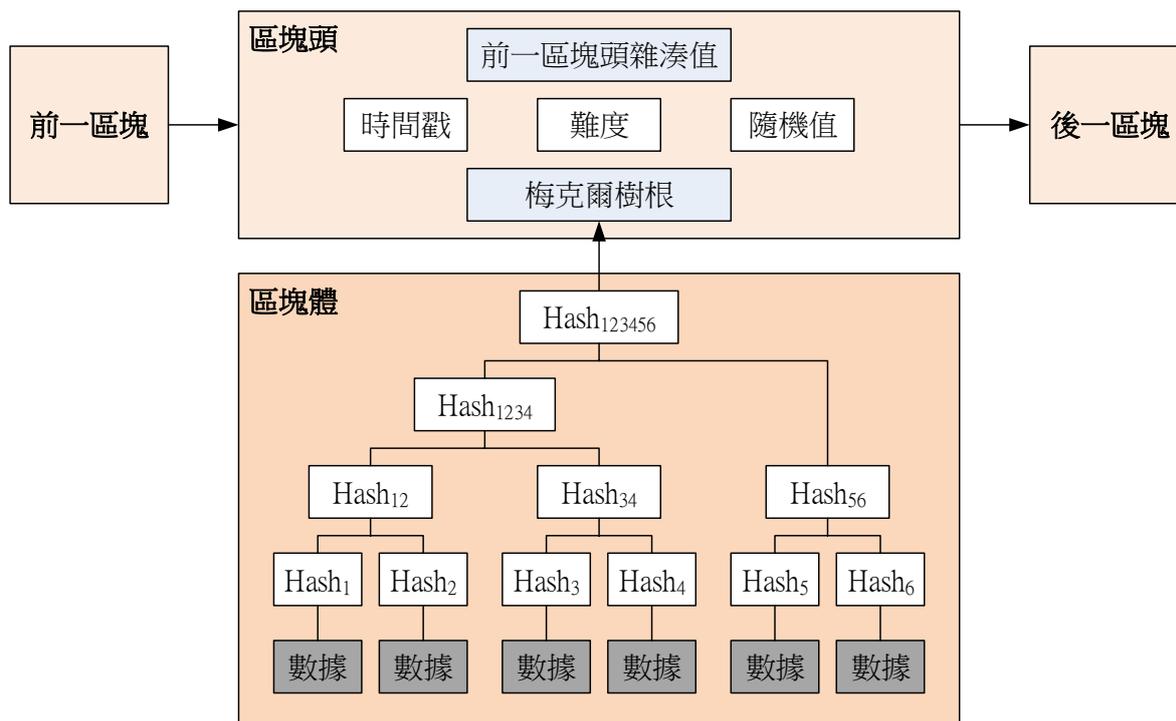


圖 2-5 區塊鏈帳本結構

資料來源：本報告繪製

公有制區塊鏈是一種去中心化日誌式資料庫，它記錄了區塊內不可變的交易，這些區塊隨著時間的推移而累積，並且每個區塊都包含一個將其鏈接到前一個區塊的雜湊值，例如隨著時間的流逝，經過驗證的交易區塊將被確認並嵌入其中分散式帳本。它是一種不斷增長的記錄列表，這些記錄被組合成塊，並使用加密技術彼此鏈接。

區塊鏈在本質上就是一種記帳方法，以首先應用區塊鏈的加密貨幣比特幣來說，其作業流程，是經由比特幣網路中的各節點獨立記帳，但記帳的內容要保持彼此一致；網路中的節點，要負責整理資料，驗證資料，打包資料，還要再廣播出去，所以有獎金(例如比特幣)的獎勵機制(搶奪打包權俗稱為挖礦)。如圖 2-6 所示。

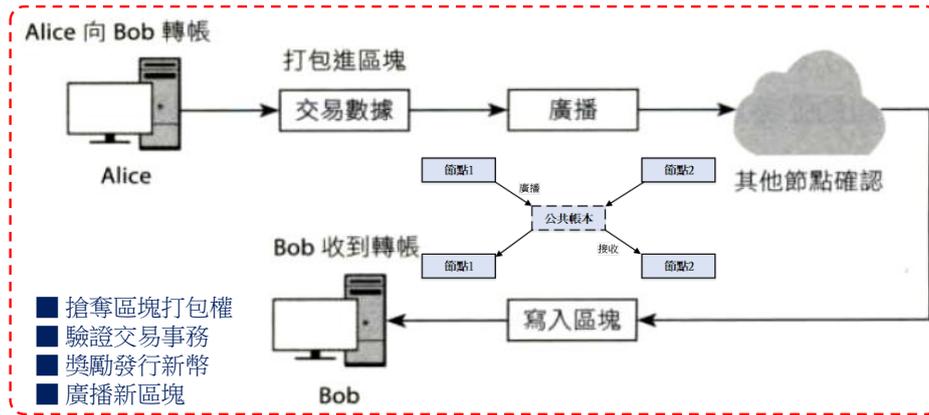


圖 2-6 比特幣區塊鏈作業流程[5]

資料來源：蔣勇, 文延等, "白話區塊鏈" 碁峯出版社, 2018. (本報告加註)

比特幣的發明人中本聰整合的技術包含加密技術、雜湊演算法、記帳方法、共識機制等等如圖 2-7 所示，其鏈的连接結構如圖 2-8 所示。

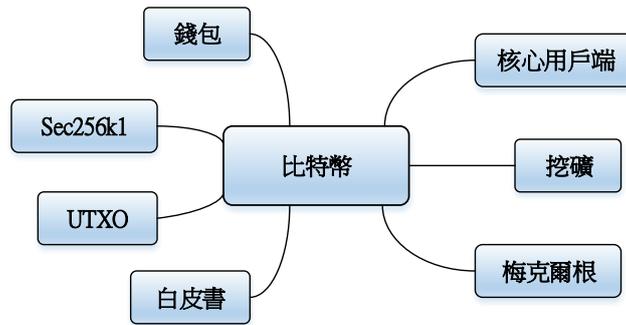


圖 2-7 比特幣整合的資訊技術[5]

資料來源：蔣勇, 文延等, "白話區塊鏈" 碁峯出版社, 2018.

所謂區塊事實上可以帳冊一頁頁來看待，幾張交易單加密打包，並經雜湊演算法得調代表區塊的摘要字元(區塊頭)再引入時間戳，而形成區塊鏈，其資料結構如圖 2-8 所示

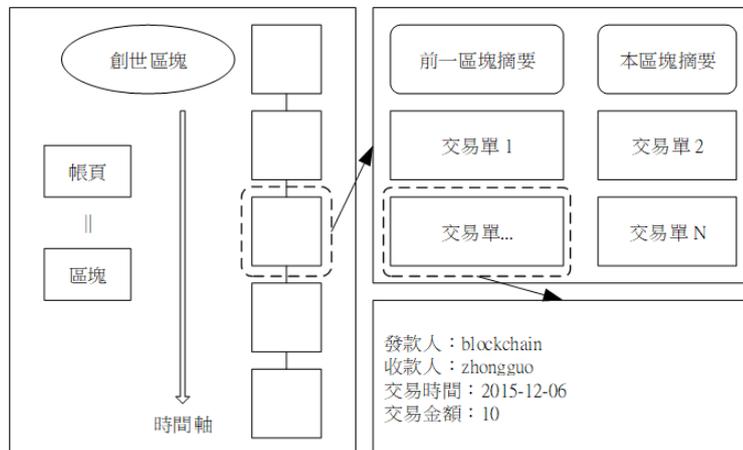


圖 2-8 比特幣區塊鏈的資料結構[9]

資料來源：井底望天、趙國棟等, "區塊鏈與大數據：打造智慧經濟" 上奇時代, 2018.

第三節 區塊鏈的類型

目前區塊鏈主要分公共(或稱公有)及私有區塊鏈二種類型，其特性如圖 2-9 所示，其中私有鏈有時會再分出稱為聯盟鏈的類型。公共區塊鏈是指網路中的任何人都可以非經許可即參與其中(例如：比特幣網路，以太坊)；而私有或聯盟鏈則必須經許可參與網路(例如：Hyperledger Fabric, Corda)，其中參與者是已知的，例如供應鏈中的相關業者。



圖 2-9 區塊鏈基本分類特性

資料來源：Balint Penzes, A. K., Chris Gage, Tamas Dravai, Mat Colmer, BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY_Digital Transformation for High Productivity. ice Institution of civil Engineers, December 2018. (本報告譯釋)

二種類型關鍵區別在於，公共網路需要激勵參與者共同運行網路並驗證交易。例如，以比特幣區塊鏈來說，每個節點必須付出電腦運算能力，以競爭驗證新交易並將其添加到區塊鏈中的機會。因為一旦每個新區塊都完成並廣播到網路成為區塊鏈，實施新塊的節點將獲得新的比特幣以及交易費用的獎勵。此過程也稱為"採礦"，其中在驗證過程中會創建新的比特幣。

由於網路是公共的，任何人都可以參與其中，因此還需要高度分散化，這使得網路可以高度靈活地抵禦駭客攻擊，但是相對較慢且難以實施整個系統更改。相反地，許可制私有網路是更為集中式的解決方案，就此網路治理的意義上來說，是由網路成員(節點)所共同驅動(這些成員是網路中已知的和經過驗證

的參與者)。如此，可以參與者的業務關係為基礎來激勵參與者保持網路正常運行，而不用採取獎勵措施。再以下表來說明，公有鏈、聯盟鏈及私有鏈三種類型的去中心化程度，就可更了解適用的組織型態[12]。

表 2-1 各種類型區塊鏈的主要特徵

各種類型區塊鏈的主要特徵概述					
去中心化程度	公有鏈(Public)	聯盟鏈(Consortium)		私有鏈(Private)	
管理	無中心化管理		複合組織		單一實體
存取	不必許可	許可	許可	不必許可	許可
	交易的公開讀取/ 公開驗證	交易的公開閱讀/ 認許驗證	交易的許可或開放 讀取/許可驗證	交易的公開讀取/ 公開驗證	交易的許可閱讀/ 驗證
參與者	匿名/假名	匿名/假名	識別的	一般識別	識別的
以共識協議為基礎 的驗證	向網路中的每個參 與者開放	在一定條件下向網 絡中的每個參與者 開放	由預先批准的參與 者(所涉及的所有 組織)	取決於平台選擇的 共識協議	由預先批准的參與 者(單一實體內部)
驗證速度	慢	較快	快	快	快
使用者的隱私層級	無	無	根據參與者的需求 量身定制	根據參與者的需求 量身定制	根據參與者的需求 量身定制
所需運算能力(能 耗)	高(但依共識機制 而異)	高(但依共識機制 而異)	低	低	低
交易費用	有	有	可選-取決於區塊 鏈的規則	可選-取決於區塊 鏈的規則	可選-取決於區塊 鏈的規則
擴展性	低	稍高	較高	較高	較高
例	工作量證明(比特 幣、以太坊)	權益證明	超級帳本Fabric 構建的區塊鏈，以 以太坊的許可制的區 塊鏈	快速審批程序	以太坊平台建立的 私有區塊鏈

資料來源：Ganne, Emmanuelle, (2018). Can Blockchain Revolutionize International Trade? (Geneva: World Trade Organisation). https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/blockchainrev18_e.pdf

第四節 區塊鏈的演進

區塊鏈技術不僅僅是一種創新技術，更是一種整合了數學、密碼學、電腦運算科學等多個跨領域科技的 4 項關鍵技術："P2P 網路技術"、"分散式帳本技術"、"非對稱加密技術"、"共識機制技術"等；尤其 P2P 驗證、分散式、加密的區塊鏈技術成為物聯網可以選擇的新運作模式，如圖 2-10。

因此物聯網所產生的大量數據已非比特幣的所構成區塊鏈網路所能處理，因此有各式各樣以比特幣原始區塊鏈為基礎，新的區塊鏈類型產生，以下主要分為三個演進世代稍作簡介，如圖 2-11。



圖 2-10 區塊鏈結合物聯網是天作之合

資料來源：國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心，「區塊鏈結合物聯網是天作之合？」，2017/12/11

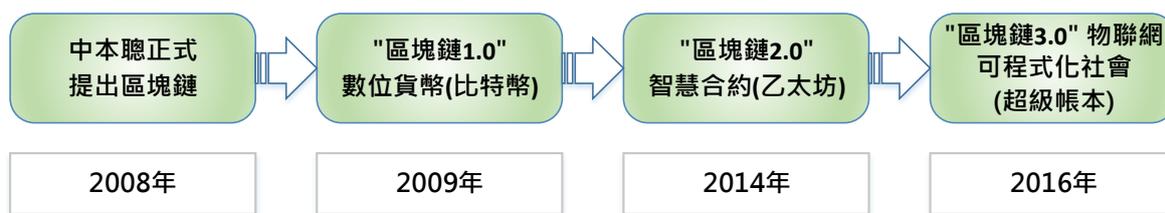


圖 2-11 區塊鏈技術的演進

資料來源：本報告繪製

一、區塊鏈 1.0

區塊鏈家族最著名的成員就是比特幣，區塊鏈也因著比特幣的風潮而為人所知。比特幣完整地執行了 12 年，從最初密碼幣圈成為現在的聲名顯赫，到近期一個比特幣價值 10000 美金。比特幣最大的意義就是面對全世界無數「礦工」的晝夜挖礦、面對無數駭客的反覆進攻、面對各種流向的資金交易而屹立不倒，用事實證明瞭區塊鏈技術是可行的。

第一代比特幣的區塊鏈功能，事實上就是進行單純加密貨幣交易的記帳功能而形成了一個連續帳簿，每個月的資料就相當於區塊，區塊與區塊之間透過雜湊鏈串聯起來。以比特幣來說，大約是每 10 分鐘產生一個區塊，區塊中主要包含交易事務資料以及區塊的摘要訊息。下圖 2-12 為比特幣中區塊鏈資料的組成示意圖

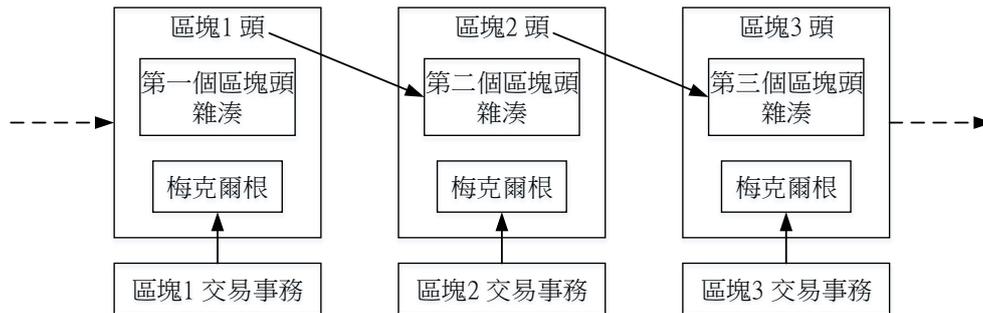


圖 2-12 比特幣區塊鏈的資料組成結構

資料來源：蔣勇, 文延等, "白話區塊鏈" 基峯出版社, 2018. (本報告重繪)

上圖可以看到區塊資料在邏輯上分成區塊頭和區塊體，每個區塊頭中透過梅克爾根¹連結區塊中眾多的交易事務，而每個區塊之間經由區塊頭雜湊值(區塊頭雜湊值就是一個區塊的 ID 編號)串聯起來。

中本聰發明的這種資料格式，將連續不斷發生的資料分成一個一個的資料塊。在下載同步這些資料時，可以並行地從各個節點來獲得，無論資料先後，到達本地節點後再根據 ID 編號組裝起來。這種鏈條格式最大的特點就是一環扣一環，很難從中間去破壞。

二、區塊鏈 2.0

隨著比特幣，大量區塊鏈實作案例相繼湧現。由於比特幣平行處理處理能力不強，也無法快速確認交易，更沒有智慧合約這種適應更廣的商業應用，這些有後發優勢的新成員在比特幣區塊鏈的基礎上做出了各種各樣的改進和最佳化，以適應廣泛的社會應用需求，最著名的就是"以太坊"。以太坊(Ethereum)是一種新的去中心化區塊鏈協定，具備去中心化、開放和安全這三大特點，及可自行撰寫的智慧合約開發平台。

以太坊之所以能超越以往這些專案的限制，是因為其核心理念很簡單，就是一條內建圖靈完備程式設計語言的區塊鏈，允許在上面建立任何應用。以太坊要實現的是一個內建了程式設計語言的區塊鏈協定：由於支援程式設計語言，因此理論上任何區塊鏈應用都可以用這門語言進行定義，進而身為應用執行於以太坊的區塊鏈協定之上，而非像以往那些專案各自為政，分別定義自己

¹ 梅克爾根也稱為"梅克爾根雜湊值"，可以認為就是一個區塊中所有交易事務的集體身份證號。

的區塊鏈協定。以太坊可以使區塊鏈應用程式開發者高效、快速地開發頂層應用變為可能[9]。

三、區塊鏈 3.0

區塊鏈 3.0 的架構中，超越了對數位貨幣或者金融的應用範圍，而將區塊鏈技術作為一種泛解決方案，可以廣用在極為廣泛的領域，例如行政管理、文化藝術、企業供應鏈、醫療健康、物聯網、產權登記等。

產業應用一般需要具備企業級的屬性，例如身份認證、許可授權、加密傳輸等，並且對資料的處理效能也會有所要求，因此企業級情境下的應用，往往都是聯盟鏈或者私有鏈。代表性架構如下圖 2-13。



圖 2-13 區塊鏈 3.0 組成結構

資料來源：蔣勇，文延等，"白話區塊鏈" 碁峯出版社，2018. (本報告重繪)

區塊鏈 3.0 的代表就是超級帳本(Hyperledger)，這是由非營利組織 Linux 基金會發起成的、致力於企業級區塊鏈開發及應用的開放原始碼專案。願景是借助專案成員和開放原始碼社區的合力，制定一個開放、跨企業、跨國界的區塊鏈技術開放原始碼標準，打造可以跨企業的區塊鏈解決方案[9]。

超級帳本團隊認為，支付系統在高度集權和完全去中心化之間應該有個平衡：權力既不是集中在某一個機構，也不是完全地分散式，而是合理地分割成若干部分。不同於比特幣區塊鏈的工作量證明機制讓帳本需要 6 次確認，每次 10 分鐘，確認時間總計需要將近 1 個小時，超級帳本則是採用類似 Ripple(瑞

波幣)的「共識」機制，交易確認過程可在幾秒鐘之內完成，達成共識則是透過拜占庭容錯演算法機制。

第五節 區塊鏈小結

總和言之，區塊鏈技術的業務內涵，就是透過共識機制、密碼技術和分散式多帳本，形成多方共享的、不可篡改的、具有時間戳記的資訊鏈和交易鏈。

從誕生至今，區塊鏈技術已經歷了三代演變。

第一代區塊鏈技術中的比特幣底層技術，其核心就是解決了陌生參與方的多重信任問題，發展出了去中心化、不依賴協力廠商認證的防止多重支付的技術解決方案，大幅降低了中間交易和支付費用。

從技術上來說，區塊鏈都可以做到完全去中心化，這也是第一代區塊鏈技術的最大特點。區塊鏈上的驗證節點可以任意加入，不受限制。每台驗證電腦享有完全平等的權力，共同參與全網的工作驗證和收益獲得的分配，其主要特點是每個節點(電腦)平等。

第一代區塊鏈技術中的比特幣是公有鏈的常見技術表現形態。完全去中心化的目標是絕對的自由、絕對的隱私，是烏托邦主義者的理想。但從因效率不佳，對治理、經營實務有其矛盾與困難之處。

第二代區塊鏈從技術上加強了執行效率，開始考慮用經過選擇的節點作為驗證機來形成系統共識。這個變化明顯會帶來效率的加強，交易支付的時間可以縮短到幾秒。形成系統共識。這個變化明顯會帶來效率的加強，交易支付的時間可以縮短到幾秒。

第三代區塊鏈技術的核心是變「完全去中心化」為「有效去中心化」，也就是區塊鏈上的驗證節點受管理機構的限制，只有經過授權的合格節點才能成為驗證電腦(節點)，才能享有同樣的權益。其主要特點是以相對的平等換取一定的效率，優點是效率較高、更易商業化；主要代表是 Ripple、R3 等，技術表現形態多為私有鏈、聯盟鏈[9]。

而因應智慧城市其中可用於收費的服務也逐漸增多。隨著城市物聯網(IoT)基礎設施不斷擴展，各大中小企業自然而然地也開始加以利用。在這個發展過程中，期望可以使用合適的電子貨幣支付小額費用和小額購買，即進行小額支付。於是便出現了稱為 IOTA 區塊鏈技術(也有人稱此才是區塊鏈 3.0)，這是一種有向無環(DAG)的新型分散式分類帳(如圖 2-14)，克服了當前區塊鏈設計的低效率問題，在去中心化的點對點解決方案中導入了一種新的共識方法。例如，這種方法允許使用該技術進行支付生活開支的各種轉帳，而無需支付任何手續費，例如從停車費到洗車費或甚至是買一份三明治[13]。

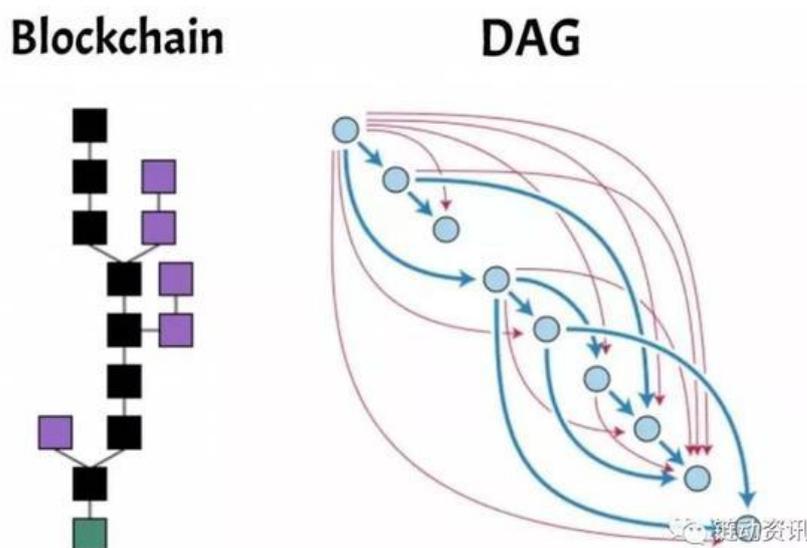


圖 2-14 傳統區塊鏈與 DAG 結構比較示意圖

資料來源：<https://kknews.cc/tech/jb5g5gq.html>，《秒懂：區塊鏈技術革命—DAG 技術》

第三章 區塊鏈在各領域的應用

區塊鏈(Blockchain)是比特幣(Bitcoin)背後的技術,除應用於加密貨幣之外,還有很廣泛的應用,Baird 分析師 Colin Sebastian 提出了區塊鏈可能重大影響 13 個行業,它甚至可能威脅到線上零售龍頭亞馬遜(Amazon)的地位 [14]。一直以來,銀行較多在談論區塊鏈,然而,預測科技公司將會投入更多,部分原因是為了防範遭受衝擊,另一部分是區塊鏈也是可投資的機會。

儘管,目前大多數區塊鏈相關的研究工作似乎都是新創公司、顧問和大型金融服務公司,例如:IBM、微軟、富達(Fidelity)、景順(Invesco)、凱捷(Capgemini)、美國銀行、摩根大通(JP Morgan)等,都在招聘區塊鏈的專家及工作人員,預計科技和互聯網公司也將迅速投入區塊鏈領域。

目前,區塊鏈技術領域最著名的公司是 IBM 及微軟,兩家公司都在開拓新的軟體應用程式,並與銀行合作。區塊鏈技術將以破壞性創新,對以下 13 個產業產生廣泛應用及影響:

1. 物聯網(提升): Internet of Things (enhancing)各裝置可利用區塊鏈直接溝通。三星(Samsung)與 IBM 正利用區塊鏈打造物聯網裝置的分散型網路。
2. 共乘服務(破壞): Ride-sharing (disruptive)一旦計程車司機與客戶可直接聯絡,誰還需要 Uber 呢?
3. 線上媒體與音樂(破壞): Online media and music (disruptive)歌迷與音樂人可直接在區塊鏈上連結,誰還需要 Spotify 呢?
4. 線上零售(破壞): Online retail(disruptive)賣家與買家略過中間商直接在區塊鏈中直接連繫,藉由區塊鏈打造的「智慧合約」,理論上可就買賣雙方的可靠度和品質建立評比。也許這就是亞馬遜已開始應用區塊鏈之原因。
5. 網路行銷(破壞): Online marketing (disruptive)新創公司已建構不需中間媒介的研發平台,可減少點擊詐欺(click-fraud)。
6. 電玩遊戲(提升): Video games(enhancing)數位遊戲使用虛擬貨幣,就像代幣(tokenized)的轉讓,允許人類如同以真實資產進行交易。新創公司 Gameflip 和 DMarket 已經注意到這市場的潛力。

7. 電競遊戲(提升)：eSports(enhancing)多人視頻電玩競賽愈來愈受歡迎，區塊鏈可讓人們下注和購買虛擬資產。
8. 忠誠集點(提升)：Loyalty points(enhancing)零售商可藉區塊鏈技術提升客戶集點方案。
9. 雲端儲存(破壞)：Cloud storage(disruptive)未來檔案儲存可能更安全且價格更低廉。一個名為 Filecoin 新貨幣可以分散式文件儲存，例如在其他的硬碟上租用空間。亞馬遜及谷歌 Alphabet 的雲端硬碟可採用區塊鏈來管理。
10. 線上賭博(提升)：Online gambling(enhancing)線上賭博可從更安全的技術中受益，玩家資金無須存放在可能受攻擊的中間媒介。
11. 資金轉移(破壞)：Money transfer (disruptive)跨國資金轉移變得更容易，可能衝擊傳統資金轉移業者。
12. 數位錢包(破壞)：Digital wallets(disruptive)電子錢包(E-Wallets)可以更容易地支付收費、停車等等。新創公司 Innogy 和 ZF 就是搶攻該領域的市場。
13. 社交網路(提升)：Social networking(enhancing)區塊鏈技術讓內容製造者發聲與取得費用更便利，並有助於身份管理。

真的有太多產業或領域可以想像如何結合區塊鏈或加密貨幣的應用情境。

第一節 區塊鏈在金融服務的應用

金融方面的區塊鏈應用有很多，因為區塊鏈的技術特點可以解決目前金融企業存在的很多缺失。因之金融業都是是區塊鏈和大數據充分結合的核心領域。接下來重點說明幾個典型的金融企業應用。

一、中國信託區塊鏈信用狀交易[15]

中國信託商業銀行攜手奇美實業，在全球最大的區塊鏈信用狀平台，完成台灣首筆真實交易試行，這也是全球第一個橫跨歐亞的區塊鏈信用狀交易。

這種平台在信用狀交易文件沒出錯的情況下，實體文件的傳遞，平均約需五天，透過區塊鏈技術、將之全部數位化，作業時間從五天縮短到一天之內完成，且大幅提升交易的安全性。

除了快速、安全性提高，對進口商來講，還可節省「貨物比文件先到」時所需的倉租費用，有利其提高生產效率、快速搶市。

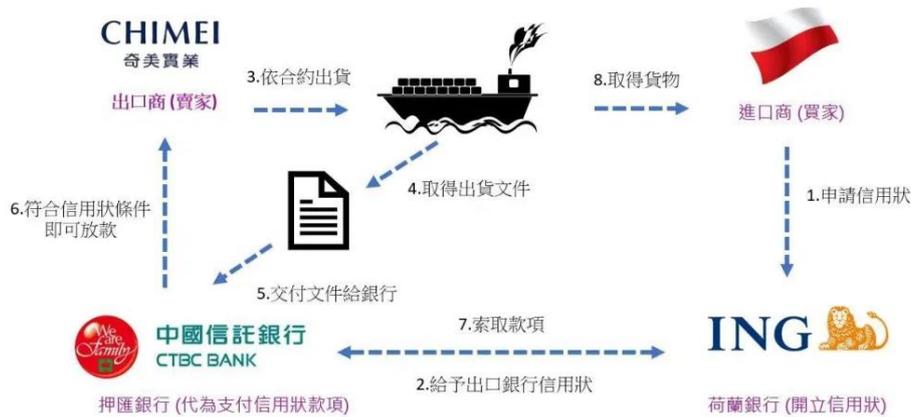


圖 3-1 中國信託結合區塊鏈加速信用狀流程

資料來源：盧子健, 老貓測 3C, " 中信攜手奇美區塊鏈信用狀交易開通, 全台首例! "
<https://iqmore.tw/internationaltrade-lc-blackchain-ctbcbank>

以上步驟大致可以拆解成 8 個步驟：1) 進口商買家向銀行申請信用狀，2) ING 銀行給予中國信託信用狀，3) 出口商賣家依照合約出貨，4) 向船務公司取得信用狀內所需要的相關文件，5) 將相關文件交付中國信託，6) 中信審核如果都達到信用狀內的要求則可自動放款，7) 中信向 ING 請求代墊款項，8) 進口商買家取得貨物。

銀行業者解釋，一般進口商必須出示船公司或航空公司開立的提單才能領貨，不過，當貨品出口，船公司或航空公司會把提單交給出口商，再由出口商透過押匯行、開狀行，層層轉交給進口商。進口商得先支付款項給開狀行，才拿得到提單，因而可能出現貨物比文件先到的情況。此時，貨品必須先寄存港口或機場，衍生倉租費用。實體文件的層層傳遞，不出錯平均約需五天，如果文件出錯，來來回回時間更加可觀。

區塊鏈技術具有多方協作、清楚溯源、難以竄改等特性，中信銀行與奇美實業合作的區塊鏈信用狀交易，由奇美出貨給波蘭的進口商，中信銀行擔任押匯行，荷商安智銀行(ING)擔任開狀行。

上述交易是在一個由八家銀行共同建置的區塊鏈信用狀平台進行，八家銀行包括：中信銀行、滙豐銀行、荷商安智銀行、渣打銀行、法國巴黎銀行、國民西敏寺銀行、瑞典北歐斯安銀行、泰國盤谷銀行，使用金融區塊鏈聯盟 R3 的 Corda 技術，是目前全球唯一橫跨歐、亞兩洲，整合多個數位文件解決方案的區塊鏈貿易融資平台。

國際大型企業如美國糧食商嘉吉公司(Cargill)、印度跨產業集團信實工業(Reliance)、澳洲礦業公司力拓集團(Rio Tinto)、中國深圳兆馳電子等，已利用該平台試行交易，貿易遍及 13 個國家。

二、國內銀行推動跨行轉帳區塊鏈應用[16]

台北富邦銀行與其投資的金融帳聯網公司 AMIS 合作，透過以區塊鏈錢包 App 為基礎，進行客戶的支付與轉帳，並進行「跨行交易」，開啟金融創新里程碑。

這項區塊鏈應用原本在該行員工與政大師生間試行，透過富邦行動銀行 App 使用「Lucky Pay」支付，初期交易僅限銀行內部帳戶交易，初步將擴大到與「台新銀行」進行跨行交易，進行免費轉帳與支付，目前已申請監理沙盒試驗，預計 2020 年上市應用。

三、國泰金控利用區塊鏈與旅遊業異業合作[16]

國泰金旗下國泰人壽與易遊網及可樂旅遊合作，以創新商業模式及大數據分析應用，透過 API 串接與拋接資訊，首推「旅遊數數購」，讓客戶於可樂旅遊購買行程時續購旅遊險可一氣呵成。國泰世華銀行數位品牌 KOKO 與國泰產險亦共同推出「KOPlay 酷玩險」，讓用戶從投保、查詢到理賠事故通知一站式完成。另外也攜手旅遊體驗平台 KKda，在 KOKO LAB 概念店打造全新航空體驗空間「KKairline」，全方位打造旅遊金融生態圈。

四、保險業者合作建立聯盟鏈[17]

為鼓勵保險業創新，金融監督管理委員會保險局於 2020 年 3 月中旬同意國泰人壽、富邦人壽、新光人壽、南山人壽、台灣人壽、元大人壽、中國人壽、全球人壽、第一金人壽、國泰產險及富邦產險共 11 家保險公司作為先導公司，

運用保險區塊鏈技術申請試辦「保全／理賠聯盟鏈」服務，自7月1日起，試辦6個月。

業者說明，以往保戶申請保全契約變更或理賠服務，若同時持有多家保險公司保單，需要分別向各家公司提出申請，相當耗時費力；未來「保全／理賠聯盟鏈」上線後，保戶要更動保單地址、電話、電子郵件等個人資料，或是辦理醫療險理賠，只要在任一家參與試辦的保險公司申請變更，在平台內的其餘10家將自動更新資料。

如此一來，不但可縮短保險公司作業時間，也為保戶免去舟車勞頓，且透過電子化服務更能有效節省紙張浪費，響應節能減碳展現綠色永續的社會責任，為保險業者、保戶、環境創造三贏局面。

此外，監管機構保險局官員表示，同時將一併開放受益人可線上辦理健康險(醫療險)、傷害險(意外險)的醫療理賠，但排除團險及旅平險，且同樣也只需在任一家參與試辦的保險公司提出理賠申請即可。

保經業者認為，此次保險公司合作「保全／理賠聯盟鏈」試辦服務，未來民眾買保險申請理賠變得更簡單，可消除過去不便申請多家保險公司理賠的最大痛點。

第二節 區塊鏈在數位資產的應用

區塊鏈技術正被應用於智慧財產權版權、商標、專利等領域。透過以區塊鏈為基礎的數位版權管理(DRM)技術，對軟體發行的每一份授權許可或者著作人對作品的版權進行記錄和追蹤，使作者對本身的智慧財產權有更加強大的控制能力[9]。

一、微軟推智財權管理區塊鏈解決方案[18]

微軟與諮詢公司安永(EY)合作，推出用以管理內容創作者、詞曲創作人、製作公司、開發商及其他創作者智慧財產權及版權的區塊鏈(blockchain)解決方案。微軟使用區塊鏈技術來簡化過去耗時又傷財的智財權程序，尤其是平均每月高達上百萬筆的交易量，同時涉及數十億美元的授權費用分配。

目前為止，智財權管理一般是透過線下資料來源進行人力管理，但微軟希望能夠應用區塊鏈技術來增加整個流程的可信度以及透明度，同時也可去除人力作業成本及合作夥伴審查的必要性。如此一來可將授權費用分配流程由最高45天減至每天支付一次，同時省去那些經常低估創作者價值而飽受批評的中介者必要性。

以內含音樂剪輯的電玩遊戲為例，可能需要將版權費用分配給軟體開發商、音樂創作者以及表演者，但變化頻繁的版權也使得究竟誰可獲得費用往往不太清楚。

微軟的解決方案基層網路是建置在分布式系統(Quorum)區塊鏈協議、微軟的 Azure 雲端基礎建設上，將有助於管理內容創作合約並減少人工核對授權費用成本的必要性，同時提供整個交易流程及授權費用歸屬的即時性及透明性。

一旦微軟的區塊鏈解決方案得以普及並廣泛使用在其他領域，例如娛樂產業、出版和製作公司、遊戲和軟體開發商等，預期將可處理每天上百萬的交易量，成為全球最大企業區塊鏈系統之一。

二、數位資產交易[9]

1. Ascribe: 藝術品數位產權

將智慧財產權和區塊鏈相結合是目前的熱點之一，已有多家公司使用區塊鏈技術來註冊和阻止版權侵權。其中 Ascribe 讓藝術家們可以使用區塊鏈技術來宣告所有權，發行可編號、限量版的作品，可以針對任何類型藝術品的數位形式。它甚至還包含一個交易市場，藝術家們可以通過他們的網站進行買賣，而無需任何中介服務。Ascribe 還是最早透過支援 Creative Commons 許可的區塊鏈服務。

Ascribe 可以在藝術家發佈作品時確保對所有權的宣告是安全的，買家可以收集並真正擁有這些數位作品。透過 Ascribe，買賣數位產權將變得和交易實物產權一樣簡單。讓任何智慧財產權及任何物件交易，無論在地球的什麼地方，只要透過電子郵件就可以做到。

2. Colu 數位資產交易

Colu 是首家允許其他企業發行數位資產的企業，他們可以將各種資產代幣化，並且當在區塊鏈上儲存資料過大時能夠將資料儲存在 BitTorrent 的網路上。Colu 允許使用比特幣區塊鏈在網際網路上建立一種數位資產層。開發者完全不需要瞭解比特幣的相關資訊，就可以為各種用途發行或者管理數位資產，從金融領域(如股票、債券、有價證券等)、記錄(憑證、版權、文件)到所有權(即使是門票、優惠券、禮品卡等)。

Colu 已經和德勤建立了合作夥伴關係，並且宣稱已經被 20 多個系統所接受，Warranteer 就是其中之一。

3. Warranteer : 雲保證書

Warranteer 使用 Colu 讓產品品質保證書從紙張形式變成區塊鏈形式，隨時確保它們是最新狀態並容易傳輸。他們的客戶已經包含 LG 和 GoPro。eWarrantly 革命已經進入純粹的數位時代，為保證書設立新的安全標準，並把所有的電子保證書儲存在雲端。

4. Mediachain : 數位媒體作品嵌入式版權

Mediachain 是總部位於紐約的區塊鏈初創企業，要解決的問題是幫助數位媒體作品的作者將自己的作品打上版權標識。其初步設想是提供工具，讓希望分享數位媒體的人找到自己喜歡的作者。

Mediachain 的核心產品是個資料協定，內容創作者透過它可以給自己的作品附加資訊，並把該資料打上時間戳記放到比特幣的區塊鏈裡，然後放到吸收了區塊鏈技術的分散式檔案系統(InterPlanetary File System, IPFS)上。這是一個整合了區塊鏈技術各方面特徵的分配式的檔案系統。

三、原住民藝術品導入區塊鏈認證[19]

由花蓮新社的噶瑪蘭族(Kavalan)工藝家杜瓦克·都耀與纖維藝術家陳淑燕共同創作的竹藤藝術品「乘風揚帆」，是全球首件透過區塊鏈技術認證、數位資產化的原住民創作。本件原住民創作，透過台灣區塊鏈新創業者 IDGO 所開發的智財保護授權服務，將創作歷程保存於區塊鏈上，並發行代表該件作品的區塊鏈證書，作為作品所有權的證明。

圖 3-2 竹藤藝術品「乘風揚帆」

資料來源：江明晏, 全球首例原住民藝術品導入區塊鏈認證, 中央社. 2019/07/25.
<https://www.cna.com.tw/news/afe/201907250282.aspx>



IDGO 技術團隊表示，透過區塊鏈進行認證，可為藝術創作歷程提供便利、經濟的永久紀錄，讓創作者能以此佐證原創性，保障其智慧財產權；同時，證書的可移轉性，可用於智財權利的移轉或授權使用上，也有助於克服藝術品交易過程常見的真偽鑑識問題，使創作內含的真正價值得以彰顯，促進藝術品流通市場更加活絡。

區塊鏈數位資產運作流程



圖 3-3 區塊鏈數位資產運作流程圖[20]

資料來源：楊明仁. 運用區塊鏈技術，原來數位藝術交易可以變這麼簡單. 2016/12/28
Available from: <https://blog.tibame.com/?p=2638>.

第三節 區塊鏈在農業物流的應用[21]

在農業物聯網的領域上，區塊鏈(Blockchain) 技術有其重要發展性，具有去中心化、不可修改、透明化等特色，符合溯源履歷所需之特性。根據美國農業信用系統的合作銀行(CoBank)發布最新報告「區塊鏈：農業供應鏈將面臨改革」指出，農業商務對區塊鏈技術的興趣日益增加，有愈來愈多企業意識到區塊鏈技術的資料管理能力，可大幅提升供應鏈的效率並減少交易中的摩擦。

一、國際大廠注重區塊鏈技術在食品安全應用的發展潛力

國際資通訊大廠 IBM 也看準區塊鏈技術在食品安全應用的發展潛力，發展名為 IBM Food Trust™的平台，為透過區塊鏈技術滿足能見度(visibility)及責任歸屬(accountability)之食品生態系統，透過許可(permissioned)、永久(permanent)、共享(shared)的資料紀錄，串聯生產者、加工者、經銷商和零售商；強調可在幾秒鐘內追蹤產品，減少交互感染、擴散、食物回收等不必要的浪費和成本；另透過對供應鏈資料的能見度，改善產品新鮮度、延長上架時間及減少產品損失；目前依企業規模不同，參與平台之費用從 100~5,000 美元不等。

一、美國農業區塊鏈的應用

目前美國的跨國零售企業 Walmart 已告知其蔬菜供應商，必須在 2019 年 9 月前整合與 IBM 合作建立的區塊鏈追蹤系統，而法國連鎖超市家樂福 (Carrefour) 也參與 IBM Food Trust™平台，方便顧客追蹤農產品從生產者到超市的完整過程。

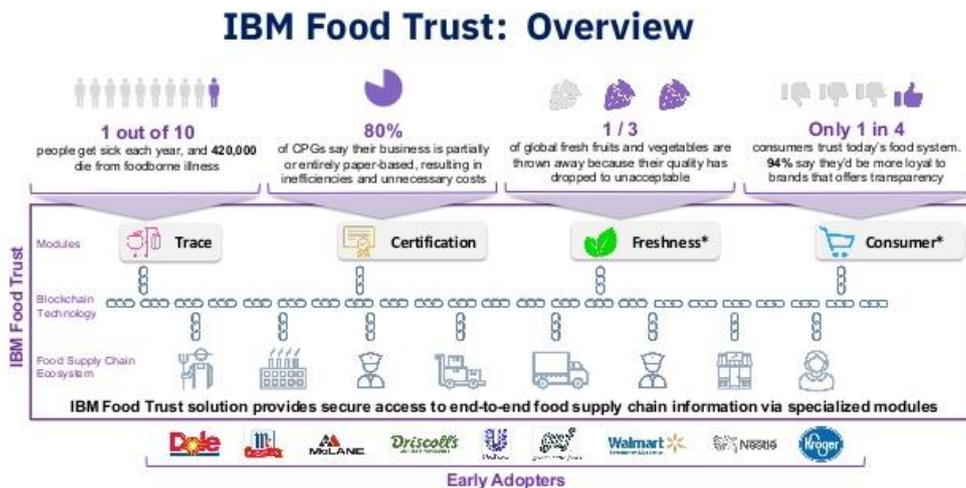


圖 3-4 IBM Food Trust™平台

資料來源：<https://www.slideshare.net/bluecrux/build-a-supply-chain-40-ecosystem-using-blockchain/9>

產品溯源可透過區塊鏈進行交易相關數據的收集，亦可有相當多元的應用模式，例如 BlockGrain 及 AgUnity。BlockGrain 提供交易平台可自動完成從生產者到消費者的交付流程，交易數據被收集並在供應鏈的每個環節加註時

間，而每次交易發生時，有相關參與者可及時更新資訊，進而提高生產力，同時管理庫存及自動化。AgUnity 的區塊鏈平台記錄作物和交易的所有細節，使農民和合作社能達到公平與平等，在肯亞和巴布亞紐幾內亞的測試期間，使用其 App 的當地農民一季內平均增加三倍的收入，另也提供相關商品和服務，如太陽能燈、小額信貸和保險，都可以在 App 上取得。

三、國內業者應用區塊鏈於農業溯源管理

國內亦有業者將區塊鏈技術應用於農業溯源管理上，例如 DTCO、奧丁丁。DTCO 是一家提供區塊鏈服務的公司，包括智慧財產權交易、供應鏈管理、能源、市場及貿易，其利用區塊鏈，鏈結線上或線下各種生產者、合作夥伴、通路、設計者、供應者、記錄地點、庫存等資料，建立起一個可追溯的系統，使用者可以透過區塊鏈交易紀錄(Blockchain Transactions)，讓供應鏈環環相扣而自動形成溯源履歷，促進供應鏈的透明化。奧丁丁推出食品區塊鏈溯源系統 OwlChain，透過區塊鏈技術可打造出公開透明，且不可竄改食品履歷溯源系統，消費者僅需掃描 QR Code 食材包裝袋，即可看各種生鮮食品生產過程。

四、智慧農業生產及商務應用[22]

國際上糧食供求長期仍將保持供給的平衡狀態，但仍須保障國家糧食安全供給將是一項長期工作。通過在本領域應用區塊鏈技術，可以有效提高糧食安全生產的保障水準。比如將土地登記放到區塊鏈上，實現不可篡改，可以保障耕地的有效控制。將各地糧食生產數據實時放到區塊鏈上，可以掌握更加真實的統計數據。

又隨著農業物聯網的普及、大量傳感器的應用，農業生產將真正實現精細化、精確化以及工廠化，同時應用區塊鏈智慧合約特性，加上人工智慧和智慧農業的發展，可以實現完全智慧化的農產品電子商務，實現農業生產和消費的供需平衡，實現現代化智慧化的計畫農業。

此外大數據時代，通過數據的共享、處理來加強數據的有效利用是主題，區塊鏈是一種不可篡改、全歷史、強背書的數據庫儲存技術，通過區塊鏈可以有效保障數據提供者的合法權益和私密性，促進數據所有者的共享動力，提升

數據的流通性，可以在各相關方在確保遵循合約各項條款的情況下，自動和動態地分享數據的資訊和狀態。

第四節 區塊鏈在醫療領域的應用

近年來，很多國家都在積極推進醫療大數據的發展，不僅傳統醫療機構在推行醫療資訊化，製藥企業也試圖透過部署和使用大數據來節省高昂的研發成本。而網際網路大廠忙著對醫療領域收購投資，還有如雨後春筍般崛起的可穿戴裝置製造商也在幫助人們利用大數據實現自我健康管理。醫療企業成為率先邁入大數據時代的傳統企業之一。

醫療健康大數據的想像空間很大，但距離實現還有一個漫長的過程。至少從目前來看，國內醫療機構之間資訊資料互不流通的問題依然嚴重。大數據應用於醫療健康領域，面臨的最大挑戰是資料收集，其背後是資料隱私、資料安全以及資料可信度等一系列關鍵問題。因此，區塊鏈在醫療健康領域首先應用的關鍵不是效能，而是保障資訊資料的安全和隱私。

一、美國推動區塊鏈於健康照護數據應用計畫

2016年IBM Watson Health和美國食品和藥物管理局(U.S. Food and Drug Administration, FDA)宣布一項研究計畫，探索區塊鏈科技在健康照護數據的應用，首先關注腫瘤數據。美國政府為了完善國內的醫療照護數據共享系統，規定全國推行電子病歷(electronic medical record, EMR)，一些隱私性和安全性問題卻讓效果大打折扣。為此，IBM Watson Health於2017年1月與美國FDA、11月與疾病控制和預防中心(CDC)簽署協定，使用區塊鏈技術以安全且去中心化的方式進行健康數據共享，專注於區塊鏈和AI及其組合潛力，提供更有效的醫療照護[23]。

DeepMind是由人工智慧兼神經科學家Demis Hassabis等人聯合創立的前端人工智慧企業，其將機器學習和系統神經科學的最先進技術結合起來，建立強大的通用學習演算法。DeepMind欲將其演算法應用到醫療保健企業，包含計畫在5年內使用機器學習處理英國國家醫療服務系統(NHS)的資料。雙方簽署了一項為期5年的協定。然而，這也引發了針對患者隱私資料的爭論。於是開始

認真考慮採用區塊鏈技術。如果使用者透過區塊鏈能真正擁有其醫療資料並控制授權範圍，那麼 DeepMind 便可以清晰地告知消費者和監管者：「使用者實際擁有他們自己的資料，我們只是使用者。」這可能是 DeepMind 在其醫療區塊鏈專案中的策略。

同樣的方式也適用於基因測序領域。區塊鏈測序可以利用私密金鑰限制存取許可權，進一步規避法律對個人取得基因資料的限制問題，並且利用分散式運算資源低成本完成測序服務。區塊鏈的安全性讓測序成為工業化的解決方案，進一步推進資料的巨量增長[9]。

二、區塊鏈在醫療領域其他應用

區塊鏈在醫療領域其他應用還包括醫療供應鏈，舉如醫療設備和藥品採購等，產生融資租賃和供應鏈金融。另一用途是預防偽藥，透明和可追溯為關鍵，儲存在區塊鏈上數據讓各方稽核追蹤藥品、追溯原料來源，且無法為己利操縱數據。就美國而言，藥品分銷模式由製造商、批發商和藥店構成，當前供應鏈碎片化，無法確認藥品來源。區塊鏈符合藥品供應鏈安全法案(drug supply chain security act, DSCSA)要求，包括藥物追蹤、產品驗證及向利益相關人通知非法藥物，舉如 BlockRX 計畫，利用分散式數位帳本管理藥物開發生命週期，加入智慧合約以減少欺詐，偽藥較難進入市場[23]。

Block Verify 是一家以區塊鏈技術為基礎的防偽方案服務商，目前能夠鑒別的類目包含偽造品、調換品、被偷商品、虛假交易。除了奢侈品、寶石、電子產品之外，該公司的服務還可以用於藥品追蹤。尤其藥品的品質是否能夠保障，真偽是否能夠鑒別，異常重要。但從藥品生產製作到經銷商，再到各大醫療機構及患者手上，其中流通環節過多，如何控管成為了首要問題。

Block Verify 用區塊鏈技術解決了這個癥結，與編碼防偽技術類似，運用區塊鏈技術防偽的藥品，在其包裝盒表面內嵌一個特別的驗證標籤，應用區塊鏈記錄不可篡改、共享安全可靠的屬性，可以有效確保藥物的合法性和真實性。除了還可以實現對藥物的溯源追蹤，提供全球藥物被製造出後，透過登記，公司能夠對藥物流通的全部供應鏈環節實現即時監督，轉換成為完整的藥物品質監察解決方案[9]。

三、台北醫學大學推出醫療區塊鏈作業系統

我國也早在 2016 年 9 月設立臺灣金融科技協會，結合電信、金融、科技、醫療/生技、製造/供應鏈、物聯網等，共同建立國家級區塊鏈聯盟。2017 年科技公司 Digital Treasury Corporation(DTCO)攜手台北醫學大學附設醫院推出醫療區塊鏈作業系統「智鏈護照」，因應病歷局限於各醫院，無法跨院、跨診所共享。患者保險請領費時，須先申請紙本就醫證明，病患不得不在醫院與保險公司之間兩頭跑等痛點。

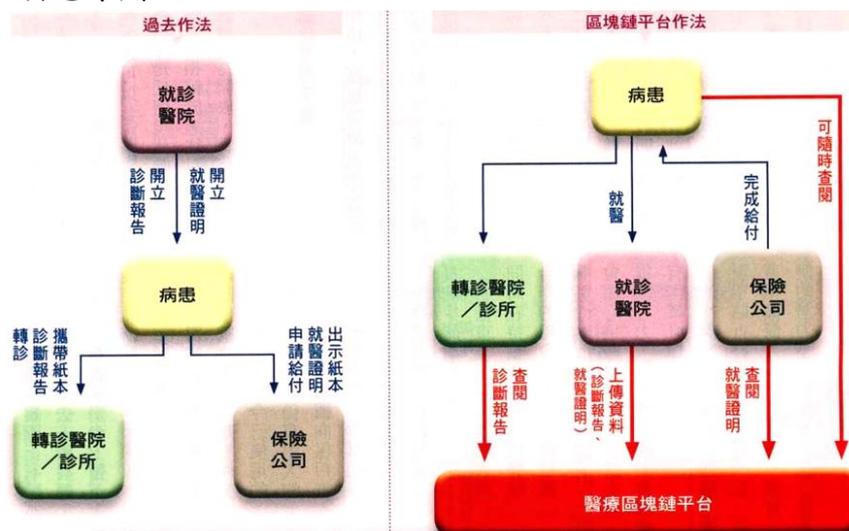


圖 3-5 台醫學大學病歷上鏈：保險理賠、轉診不用再等

資料來源：今周刊, "區塊鏈生活強應用", 1192 期, 2019. 10. 28

將醫院、診所、病患都放在同一資訊平台上，病患可自由選擇把特定資料分享給平台上的任何對象，假如沒有病患授權，則其他人能看到的資料，都是加密後的亂碼，將資料權限返回到病患身上。病患不僅可自行查閱，還可授權給特定機構調閱，列印轉診後的醫院、診所。就醫資訊數位化後，與投保資料一併放上區塊鏈平台，保險公司可即時對照、讀取，大幅縮短賠付作業流程與所需時間。

第四章 區塊鏈在營建業的應用

毫無疑問，區塊鏈成熟應用時機已經來臨，為產業提供了更有效、更透明、更具生產力和更永續的巨大機會。但是，營建產業中業主、顧問業者、營建業、建築師與工程師等等專業人士該如何開始學習、思考運用這一技術及潛力？本報告初步從國內外文獻了解到，透過區塊鏈技術可為營建業在專案執行過程中利用智慧合約、支付和計畫管理、採購和供應鏈管理、BIM 和智慧資產管理帶來機會與效益，當然不可否認還有導入實施方面的挑戰。

哈佛商業評論也曾針對營建產業應用區塊鏈提出看法，認為：營造業是很傳統實務做法產業，對導入區塊鏈的時程一定比金融、醫療等產業慢；雖然營造業在施工或者設備等等都有先進的技術，但這個行業非常重視關係，有許多家族企業和私有公司。挑選承包商和轉包商時，根據的可能是已存在數十年的關係。並指出，極少資金(低於營收的 1%)投注在管理複雜營造專案所需的前期訂約和技術基礎設施(航空業和汽車業的這個數字是 3.5%至 4.5%)。其成本絕大部分都花在興建過程中，包括人員和材料上。

其中受訪的營建領導業者 Sweetbridge 公司的執行長 Scott Nelson 也認為，營造業很適合使用以區塊鏈為基礎進行專案管理方式。尤其營造專案有良好結構，以合約為基礎。目標很明確：準時完工、符合規格，避免修改重做。典型的專案管理技巧仍然有效，但若採取更加分散化而靈活的做法，對專案很有好處，這種做法的透明度很高，各方因為區塊鏈的可信任關係，可以因為所做的工作成果準時獲得報酬，業者也可以省去中介機構的時間與成本[24]。

第一節 營建產業現況與資訊科技[3, 11, 24]

營建產業通常被列為世界上最零碎(無條理)、影響最大的產業之一。這種現象的最好例證是世界上所有那些高度零碎、分散和複雜的供應鏈的重要基礎設施計畫。例如，倫敦的橫貫鐵路計畫光來自英國本身就有 700 多個各種供應商，或杜拜的哈里發塔(Burj Khalifa)在施工高峰時期，有來自 100 多個國家的 12,000 多名工人在現場。要管理這樣一個廣泛的供應鏈，追蹤正在進行的工作進度、排程、成本和付款，需要大量的精力和資源。在這些極具挑戰的營建

計畫上，在不同階段都經歷了不同形式的錯誤、延誤和事故。數十年來，營建產業缺乏問責制一直是個持續的題，而且由於利潤率受到極大擠壓，企業自然會尋找偷工減料的方法，並在最後失敗時千方百計推卸責任。

但不可否認的對於所有國家而言，營建產業都是經濟持續增長主要驅動的火車頭產業。它確保和維護關鍵資產，促進增長並維護基礎設施，以實現持續的經濟和社會發展。營建業是世界上最大的產業之一，以英國為例 2010-2016 年間對英國的國內生產總值(GDP)貢獻了 6.1%(我國為 2.5%)。主要國家營建生產毛額占 GDP 比率下表 4-1 所示：

表 4-1 主要國家營建生產毛額占 GDP 比率

單位：%

國別	2011 年	2012 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年
中華民國 ROC	2.7	2.6	2.6	2.5	2.4	2.4	2.5
日本 Japan	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.8	...
南韓 Korea, South	5.9	5.8	5.0	5.2	5.7	5.9	...
土耳其 Turkey	5.0	4.9	9.2	9.3	9.7	9.7	8.0
美國 United States	3.7	...	3.8	3.9	4.1	4.1	...
加拿大 Canada	...	...	8.0	8.1	...	...	...
墨西哥 Mexico	6.6	6.6	7.6	7.7	7.8	7.7	...
瑞典 Sweden	5.8	5.3	5.6	5.8	6.1	6.4	6.4
芬蘭 Finland	6.8	6.9	6.3	6.4	6.9	7.0	7.2
挪威 Norway	5.9	5.9	6.0	6.3	6.6	6.7	6.6
冰島 Iceland	4.5	4.4	5.2	5.3	6.8	...	...
丹麥 Denmark	4.8	4.8	4.6	5.0	5.2	5.3	5.8
英國 United Kingdom	6.9	6.0	5.9	6.0	6.0	6.1	6.1
愛爾蘭 Ireland	2.8	1.6	2.5	2.1	2.3	2.7	2.8
德國 Germany	4.4	4.7	4.5	4.6	4.7	4.9	5.3
奧地利 Austria	6.8	6.8	6.4	6.2	6.3	6.4	6.4
瑞士 Switzerland	5.4	5.5	5.3	5.5	5.5	5.4	5.3
比利時 Belgium	5.8	5.9	5.5	5.3	5.3	5.2	5.3
盧森堡 Luxemburg	5.6	6.2	5.7	5.5	5.5	5.2	5.4
法國 France	6.2	6.3	5.7	5.5	5.4	5.6	5.6
荷蘭 Netherlands	5.5	4.9	4.3	4.3	4.4	4.5	4.8
捷克 Czech	6.7	6.3	5.5	5.6	5.5	5.3	5.6
波蘭 Poland	7.9	7.8	7.8	8.0	7.0	7.0	8.0
希臘 Greece	4.5	2.1	2.4	2.1	2.5	2.3	2.5
義大利 Italy	6.0	5.9	4.8	4.8	4.7	4.7	4.7
葡萄牙 Portugal	6.3	5.1	4.1	4.1	3.9	4.0	4.0
西班牙 Spain	11.5	8.6	5.6	5.7	5.9	6.1	6.5

澳大利亞 Australia	7.7	7.7	8.7	8.5	8.2	8.1	...
紐西蘭 New Zealand	...	...	6.3	6.6	6.9	...	...

資料來源：OECD 網頁、行政院主計總處(https://www.moi.gov.tw/files/site_node_file/7418/04.%E7%87%9F%E5%BB%BA.pdf)。

然而，這項產業的生產力和有效性經常受到質疑。根據麥肯錫的研究，數十年來營建生產力一直持平，而在製造業中，同期生產力幾乎成長了二倍，並且還在繼續提高。當然，營建產業的本質非常不相同，但是產業確實需要更有效力才能跟上全球經濟腳步。

英國土木工程師協會 ICE 的《專業技能》(2018 年)報告中指出，數位科技的導入，將能為營建產業繼續帶來機遇與挑戰，以及在未來幾年將對專業技師在基礎設施資產的建設和營運中產生深遠的影響。尤其指出區塊鏈破壞性創新潛力和應用區塊鏈技術的知識和經驗[11]。

數位化是此一發展的一部分。多種不同的建模工具和軟體使設計過程更有效，並且計畫和文件管控制有更多的互動。也許最大的變化就是運用了建築資訊模型(BIM)。它使設計過程更加整合，並且進行過程也在幫助建構了所營建的資產各個方面的數位化描述。業界預計在 5 年內，將有 61% 的公司在其大部分計畫中使用 BIM。

但是，BIM 並不是產業中唯一的重要發明。採用無人機、智慧傳感器和 3D 打印的物聯網(IoT)都在影響整個產業。例如，許多公司已經開始探索虛擬實境(VR)和擴增實境(AR)來為客戶展示結構和設計進度。隨著這些工具變得越來越先進，工程師可以以 BIM 模型為基礎進行品質檢查，並將與竣工結構進行比較。不同的 VR 工具也可以於各種培訓為目的運用。總而言之，可能性是無止境的，而其效益也是巨大的。

此外，無人機現在能夠進行結構和土地測量(COWI 已使用該技術對橋樑和其他大型基礎設施進行維護檢查)。智慧傳感器還用於(並且越來越頻繁地使用)收集有關基礎設施資產在其整個生命週期中的營建和維運的數據。這些傳感器透過與物聯網(IoT)的相互連接，而提供了更大的價值，可以實現大規模的即時數據收集和管理。

所有這些創新正在引領產業邁向更高生產力，更有效管理的數位時代，在此時代，實時數據和計畫報告將成為大型計畫和基礎設施開發的關鍵要素。但是，可以說該產業的數位化成熟程度不足以受到這些變化的影響。事實上，近幾十年來，科技發展迅速成長，這對客戶、設計者、承包商和 21 世紀計畫的整體管理提出了很高的要求。總而言之，不可避免的數位化即將到來—無論該產業是否因而做好準備—那些能夠有效地將新科技應用於其業務案例的人無疑地在競爭者中獲得優勢，並增強為客戶提供的服務。

為了解決營建領域的"痛點"，英國和紐西蘭的研究[3, 11]，都建議持續探討區塊鏈，以促進營建業主並使參與計畫所有參與者之間的流程更具效率、透明和更具問責性。

第二節 營建業應用區塊鏈的潛力

一、國外對營建業導入區塊鏈的評估

既有營建業導入區塊鏈應用案例，已知對經濟效益產生影響。其中一些可以通則方式直接應用於營建產業，另外有些可以客製化應用方式作為重要基礎建設計畫。有關可能的應用，英國土木工程師協會報告建議分為三個主要部分[11]：

- 支付和計畫管理
- 採購與供應鏈管理
- 建築資訊模型和智慧資產管理

區塊鏈促進營建產業的效能



圖 4-1 區塊鏈促進營建產業的三種特性

資料來源：Balint Penzes, A. K., Chris Gage, Tamas Dravai, Mat Colmer, BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY_Digital Transformation for High Productivity.ice Institution of civil Engineers, December 2018. (本報告譯釋)

隨著區塊鏈"透明化"、"可追溯性"和"協同作業"這三個主要特性，這項創新技術將能提高營建業的競爭優勢。促進更透明的付款方式和**管理營建計畫的方式**。讓區塊鏈將其不可變造記錄的保存特性和對計畫採購的問責性能，將營建領域可追溯性提高到一個新的水準。此外區塊鏈與 BIM 的結合，也將促進營建業界期待已久的有效協同作業。

二、營建業應用區塊鏈技術

想像一下，營建專案的每個主要利益相關者都是區塊鏈授權網路的一部分。這樣，網路的治理就是基於所有利益相關者的共識和協議。

每個參與者都將擁有自己但相同的區塊鏈副本，其中包括各方之間的所有交互和交易。無論此訊息是私有的還是與每個利益相關者完全無關的，都將互動行為和交易予以記錄，防篡改並進行密碼簽名。這樣就可以輕鬆記錄所有利益相關者之間每次業務互動的過去。這樣，可以顯著降低專案控制的複雜性以及與之相關的風險，並降低行政成本。甚至可以採用智慧合約(可以嵌入基於以區塊鏈為基礎的系統中自動執行設定的條件)來提高流程效率和可追溯性。有了這樣的系統，所有參與者之間的信任和協同作業將得到根本改善。

協同作業計畫生態系統



圖 4-2 區塊鏈促進營建業協同作業

資料來源：Balint Penzes, A. K., Chris Gage, Tamas Dravai, Mat Colmer, BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY_Digital Transformation for High Productivity.ice Institution of civil Engineers, December 2018. (本報告譯釋)

第三節 營建業應用區塊鏈的可能情境

在建築專案計畫中，業主和承包商本來在其業務關係中本來就具有不同的利益，因此如果應用區塊鏈網路，各自被授予作為網路節點運行交易驗證的權限。這樣，受制於智慧合約及網路其他夥伴節點的驗證，彼此雙方的不良意圖及行為就降到最低。除了區塊鏈 2.0 以太坊的公有非許可制區塊鏈的智慧合約已可應用外；Linux Foundation 的超級帳本 Hyperledger Fabric 網路，這是一種開放源代碼的許可制區塊鏈解決方案，更適合開發企業組織間的許可制聯盟鏈，讓專案中每個網路節點都仔細地管理誰可以參與以及他們在實際作業流程，及區塊鏈上載登錄資訊的作為。

一、智慧合約提高營建工程效率

智慧合約基本上是一種數位合約，可以在滿足預定條件時自動執行其條款。例如在以太坊平台上，區塊鏈上具有執行電腦程式碼和腳本的能力。由於輸入條件來自於作為不可變數據的區塊鏈，並且代碼本身也被保護在區塊鏈上，因此這些條件功能充當了數位綁定合約。

舉例而言建築工地中，進入建築工地的每個工人因為安全，健康和保全的原因都要通過身份驗證(如刷卡)。因此可以記錄工人工作多少時間，這些資訊如果以上載區塊鏈；則此紀錄無需其他管理即可驗證。而業主端，顧問和承包商都可從的區塊鏈分散式帳本中擷取。根據相關現場工作時間議定條款寫成登錄在區塊鏈中的智慧合約，則可啟動自動付款並在需要時向所有各方發送付款證明。這樣，專案中利益相關者之間就不用來回查詢比對原有紙本的紀錄。

智慧合約管理的現場工作時間登記和付款系統



圖 4-3 智慧合約管理工程現場時間及付款系統

資料來源：Balint Penzes, A. K., Chris Gage, Tamas Dravai, Mat Colmer, BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY_Digital Transformation for High Productivity.ice Institution of civil Engineers, December 2018. (本報告譯釋)

這是營建工程最簡單的區塊鏈應用情境，但是優勢顯而易見。可以衍伸之後的自動完成付款、提報和更新專案方式，或其他作業流程等，而使整個營建工程作業更加有效，或工程師進行品質檢驗時也可進行區塊鏈登錄，作為各階段驗收結算，或後續作業進場的依據。

二、區塊鏈促進專案的協同合作

營建工程專案規劃階段，如果也可以根據不同設計包必須交付的成果，在底層的區塊鏈平台，將類似的里程碑和階段成果(packages)一起納入智慧合約，再根據這些智慧合約準備根據工作時間和提交的成果及時進行付款。通過與專案銀行帳戶鏈接的區塊鏈應用程式，智慧合約可以啟動這些透明且更快的付款程序，如圖 4-4。

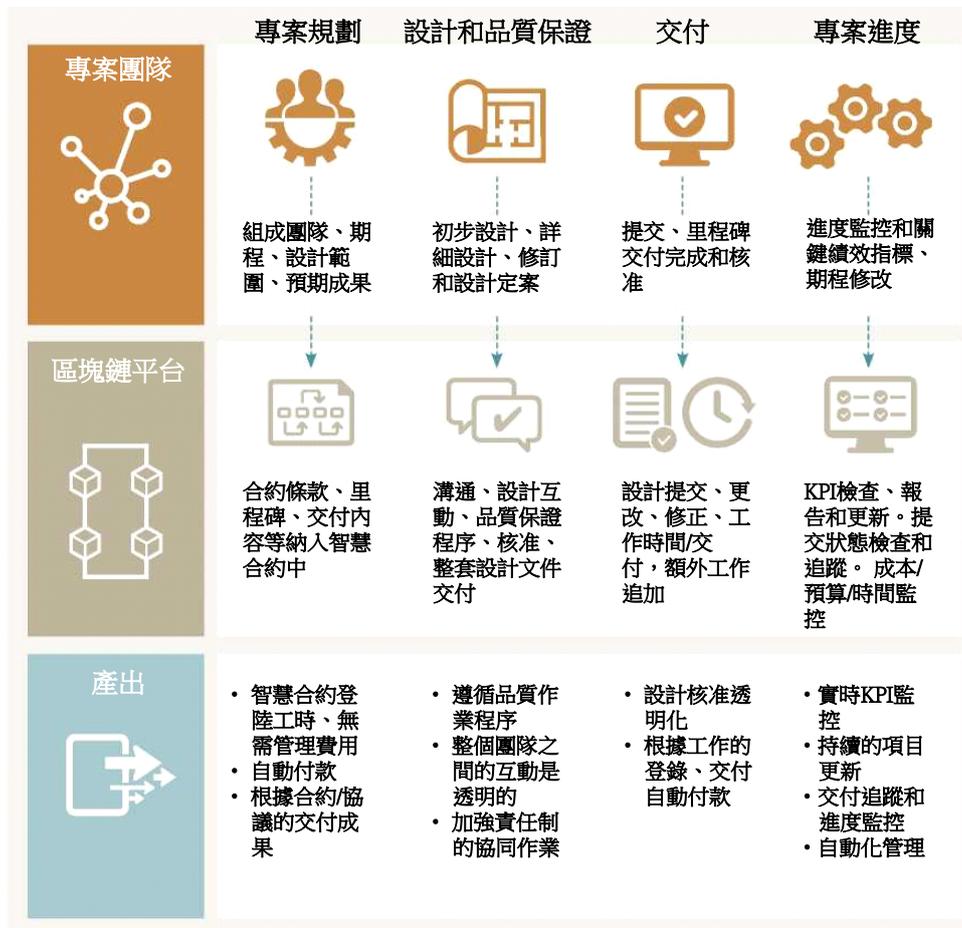


圖 4-4 區塊鏈促進設計換專案協同作業

資料來源：Balint Penzes, A. K., Chris Gage, Tamas Dravai, Mat Colmer, BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY_Digital Transformation for High Productivity.ice Institution of civil Engineers, December 2018. (本報告譯釋)

隨著專案設計過程的開始，區塊鏈平台有助於收集和記錄聯合設計(DJV)內部和/或專案參與者之間所有必要的互動。更重要的是，在平台中，不會共享不同的設計(完整設計圖說)或計算版本；因為運用開發該設計者的數位簽名，進行核准和品質保證(QA)的步驟。這使智慧合約可以使用這些輸入來自動更新專案進度的評量，並且由於具有時間戳印系統，因此可防篡改，而保證設計核准作業的可問責制和可追溯性。

此外，所有相關的工作時間都可以在各方之間在區塊鏈上進行登錄和共享，因此無需花費寶貴的時間和資源消耗在額外形式作業上。智慧合約可以處理這些管理數據，並通過更新的區塊鏈帳本通知每個參與者。

設計完成後，文件控制系統可以通知智慧合約已提交設計圖說。然後通知必要的各方檢查文件，並且當他們的 ID 也以其值得信賴的數位簽名在區塊鏈上註冊時，可以為文件簽名。所有這些互動都在同一區塊鏈平台上註冊，因此可以通過智慧合約啟動付款和專案計畫績效指標更新，如圖 4-5。

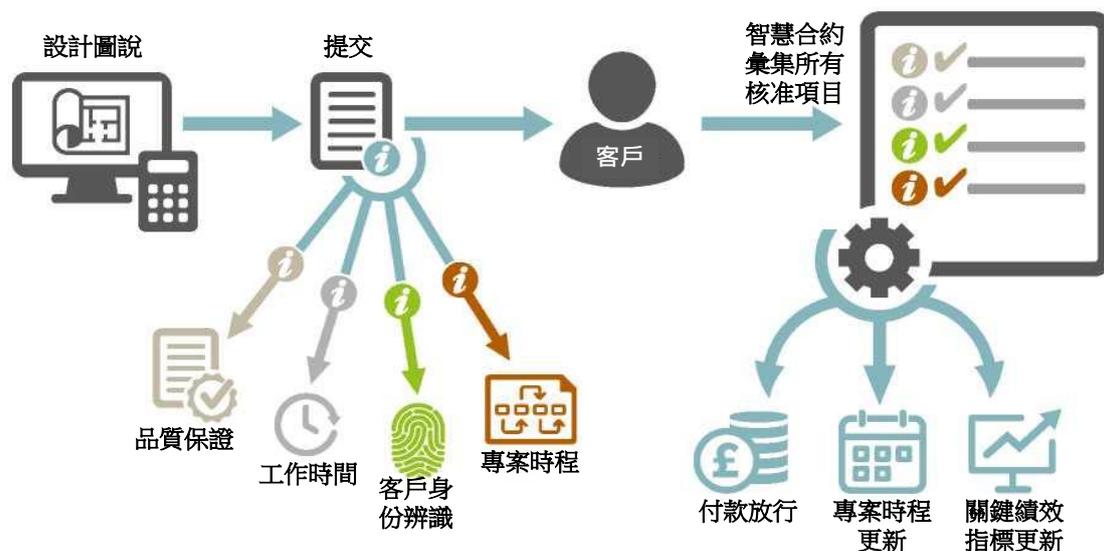


圖 4-5 透過區塊鏈提交設計圖說

資料來源：Balint Penzes, A. K., Chris Gage, Tamas Dravai, Mat Colmer, BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY_Digital Transformation for High Productivity. ice Institution of civil Engineers, December 2018. (本報告譯釋)

三、區塊鏈結合物聯網進行現場作業管理

隨著物聯網的進展越來越快，這種相互連接的傳感器可以用作智慧合約的封閉數據源，從而消除了潛在的人為錯誤。

例如，建築工地上的傳感器可以測量溫度，然後將這些數據與城市中特定位置的天氣數據，透過不同的網站進行交叉核對。該數據再由智慧合約定期評估，並且當觸發某些條件(例如溫度過高或過低)時，可以自動啟動約定的操作和補償事件。其他傳感器可以在結構元件完成時發送 GPS 位置資訊，也可以發送已到達材料的 RFID(射頻識別)資訊，以更新專案計畫並監控進度。起重機上的另一組傳感器可以更新其運行狀態和租賃條款，這些資訊可以通過智慧合約自動進行管理，如圖 4-6。

利用區塊鏈進行起重機操作風險管理

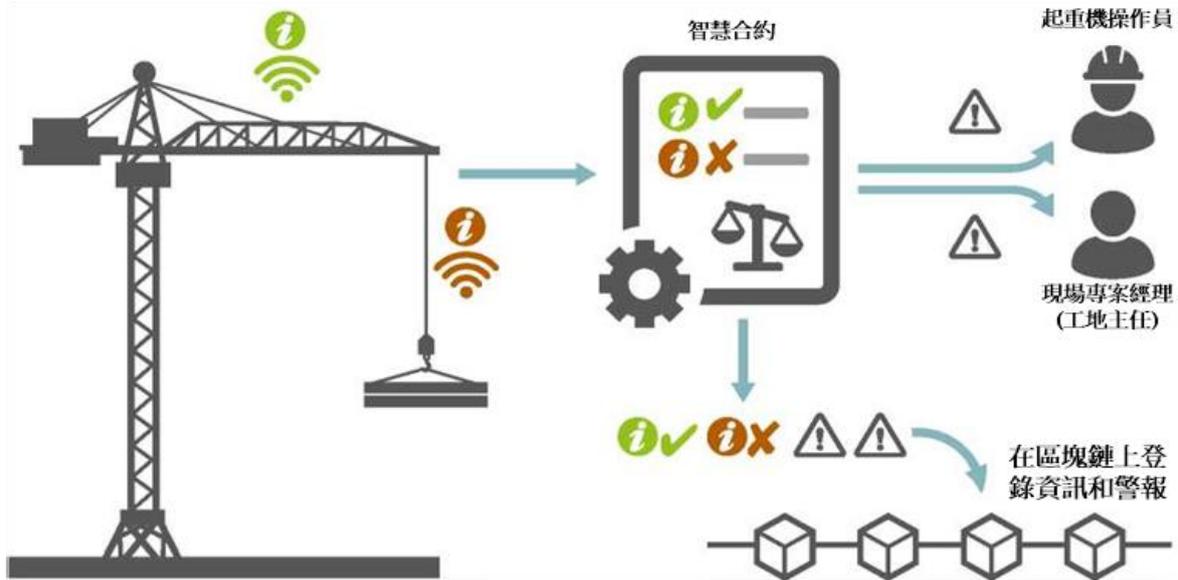


圖 4-6 工程現場物聯網與區塊鏈整合應用

資料來源：Balint Penzes, A. K., Chris Gage, Tamas Dravai, Mat Colmer, BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY_Digital Transformation for High Productivity. ice Institution of civil Engineers, December 2018. (本報告譯釋)

營建專案始終是非常複雜的挑戰，因此僅完成工作的登錄並不足夠。通常，現場會發生不可預見的問題；如計畫變更或重大健康與安全方面的變化，這都可能會導致其他索賠和爭議。透過啟用區塊鏈的營建管理系統，可以記錄每個健康與安全事件或不安全狀況(極端天氣狀況、現場未經授權的動作、風險登記冊中記錄的事件等)的記錄，並可以啟動風險降低措施。

在此階段，傳感器和物聯網(IoT)的使用非常有用，因為這些工具可以做為可靠的數據來源。然後，這些傳感器的關鍵資訊將以智慧合約的形式進行處理。

如果達到某些閾值和觸發水準，則智慧合約可以通知現場的適當人員，準備風險降低或更改施工計畫。

四、採購與供應鏈管理

區塊鏈技術的機會不止於支付應用。它還可以徹底改變當前營建產業的供應鏈管理，確保結構性材料來源，並建立供應鏈中所有參與各方，經過驗證的透明監管鏈。

設計人員、承包商和供應商，由於嚴格的品質保證、健康與安全、材料標準和永續性等原因，如今對營建計畫中所使用的材料的來源已更加了解。但是，此一運作系統仍然存在錯誤和疏忽。在 2017 年發生悲慘的格蘭菲爾塔 (Grenfell Tower) 火災事故後，解決這些缺陷變得越來越重要。英國即建議在這種情況下，被覆材料來源的可追溯性與火災迅速蔓延，及其無能的火災規範這一透明事實的結合，將有助於防止這場災難性的事故。

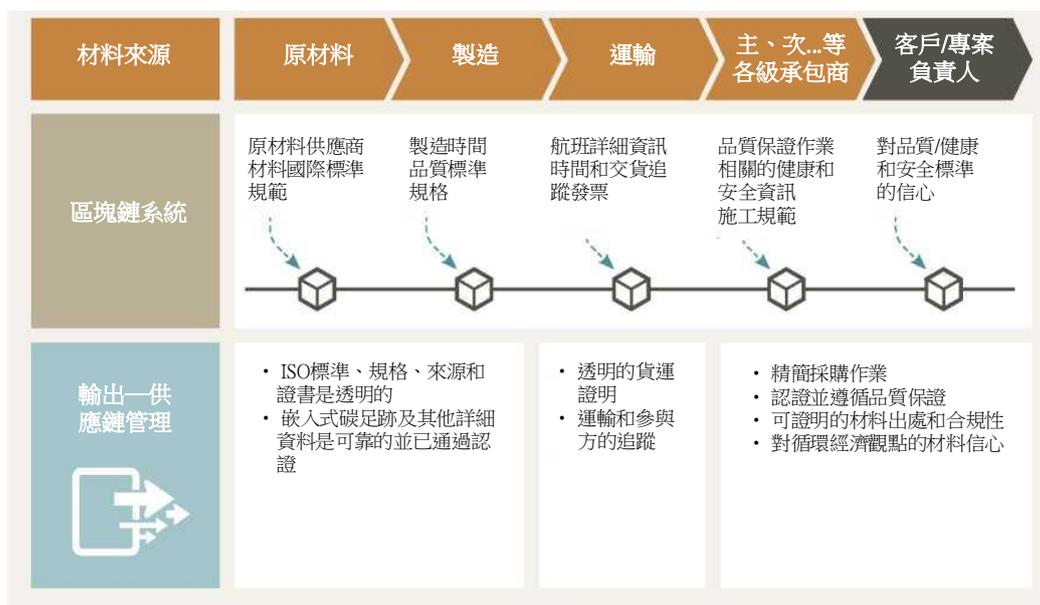


圖 4-7 區塊鏈促進更具透明度的材料供應鏈

資料來源：Balint Penzes, A. K., Chris Gage, Tamas Dravai, Mat Colmer, BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY_Digital Transformation for High Productivity. ice Institution of civil Engineers, December 2018. (本報告譯釋)

想像一下如有區塊鏈系統，可針對工程專案中特定的結構材料(例如預鑄混凝土或鋼構元件)依供應鏈過程記錄並且追蹤，直到施工完成。效益在於對專案中的所有利益相關者都是重要的。例如，客戶或專案負責人，對於所購買材料

的所有資訊，例如生產和品質數量證明，以及運輸路線，直至交付到現場為止都是可視的。透過供應鏈中任何環節的這一不可變的監管鏈，利益相關者可以對材料的品質數量、安全規格和標準因此具有充分的信心。此外，由於還追蹤了供應鏈上的每筆交易(例如：製造時間、貨機和預期的交付時間以及貨物證明等)，因此追蹤交付時間和條件變得更加容易，快捷和減少各種繁瑣的文件作業，如上圖 4-7。

藉由這種區塊鏈作用的解決方案，可以標準化流程和更透明的採購作業而大幅降低產業供應鏈中的高度分散性。此外，有了即實的材料出處即流程資訊，業界便可以使用真正的應用追蹤，以減少浪費並改善現場的材料效率，並解決材料假冒問題。通過區塊鏈賦予力量的平台，數位防篡改證明可以控制貨物的流通，可以取代手寫紙本和原始簽名。此外，貨運狀態資訊會不斷更新並在區塊鏈上所有參與各方間共享。

由於所有文件也都透過區塊鏈系統生成，因此，智慧能合約可以在滿足某些裝運條款和條件時自動管理單據和授權付款。通過這種區塊鏈解決方案實現的文件和供應鏈管理的結合，最終可以建立一套更具問責制的系統，在其中可以更快地發現和解決任何問題，從而降低風險和總體複雜性，如圖 4-8。

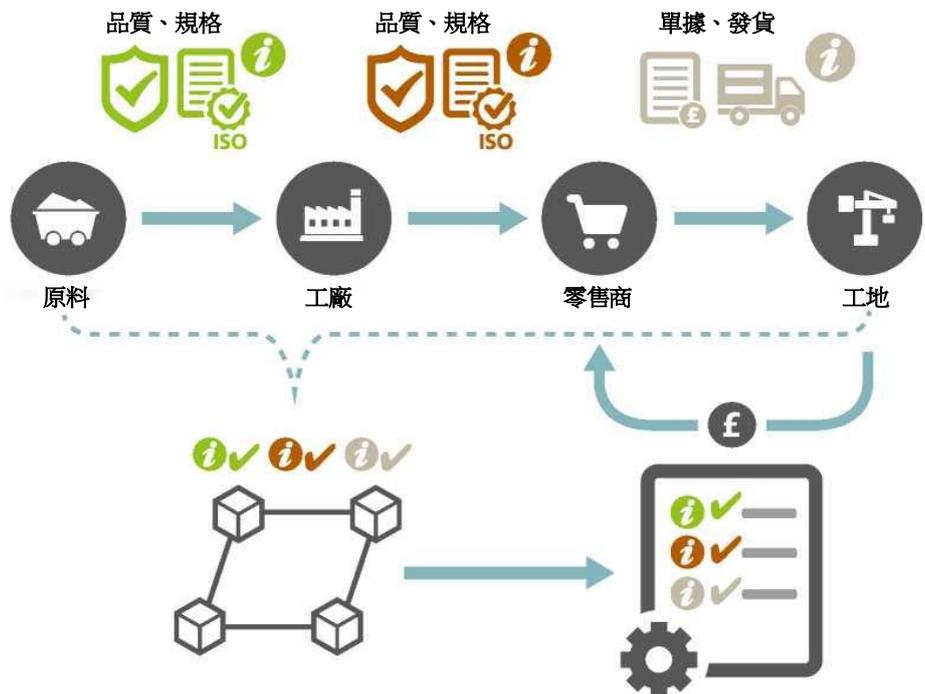


圖 4-8 區塊鏈協助簡化採購和付款作業

資料來源：Balint Penzes, A. K., Chris Gage, Tamas Dravai, Mat Colmer, BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY_Digital Transformation for High Productivity.ice Institution of civil Engineers, December 2018. (本報告譯釋)

五、建築資訊模型與數據資產管理

建築資訊模型(Building Information Modeling, BIM)的基本形式是處理實體資產的數位表示過程，核心是一電腦模型，其中包含有關資產的各種資訊，例如 3D 幾何圖形，施工管理資訊(例如時間表和成本或營運和維護指標)。BIM 不僅是電腦模型本身，其執行過程還包括數位化工作方法，用以描述模型如何運用於整個專案整體生命週期的管理系統，包含如何處理輸入和輸出資訊以及專案參與者如何構建、使用和管理模型等。

而儘管 BIM 在過去十幾年來努力過程中已逐漸被採納應用，但確實尚未普及及充分發揮其潛力。觀察業界應用情況 BIM 模型中的資訊水準或其開發水準在專案之間以及營建產業各部門之間差異很大。根據所用資訊的類型，通常透過將"維度"歸屬於不同的資訊類別來描述建模等級。從 3D 幾何圖形到最近幾年將 BIM 整合到資產管理中的 7D，以利用營運績效數據並涵蓋資產的整個生命週期。

將 BIM 和區塊鏈技術結合起來的基本概念來自於它們共享的能力，可以作為惟一事實的來源。工程專案包含大量且不同類型的數據，以及類似的大量關聯的設計和管理決策。經過前述介紹的區塊鏈的應用方式，不僅可以將額外的數據添加到 BIM 模型中，而且由於帳本具有不可否認的性質，因此可以確保較高的責任感和透明度。

雖然已有 BIM 管理技術平台作為單一的數據真實來源，進行設計批准作業，但如果數據驗證和專案管理決策的稽核紀錄放在區塊鏈上，則可以得到涵蓋專案各個面向的綜合真相來源。這些技術的這種單一屬性可能會產生重大成效，並成為解決營建產業長期缺乏問責和零散資訊來源問題，提供創造性解決方案的工具。

以這種方式，我們可以看到 BIM 如何成為所有資訊的惟一來源和儀表板。數據不僅對於專案的交付極為重要，對於整個生命週期也非常關鍵。

為了實現這些面向技術整合，圖 4-9 顯示了一個示範性高階的概念模型。

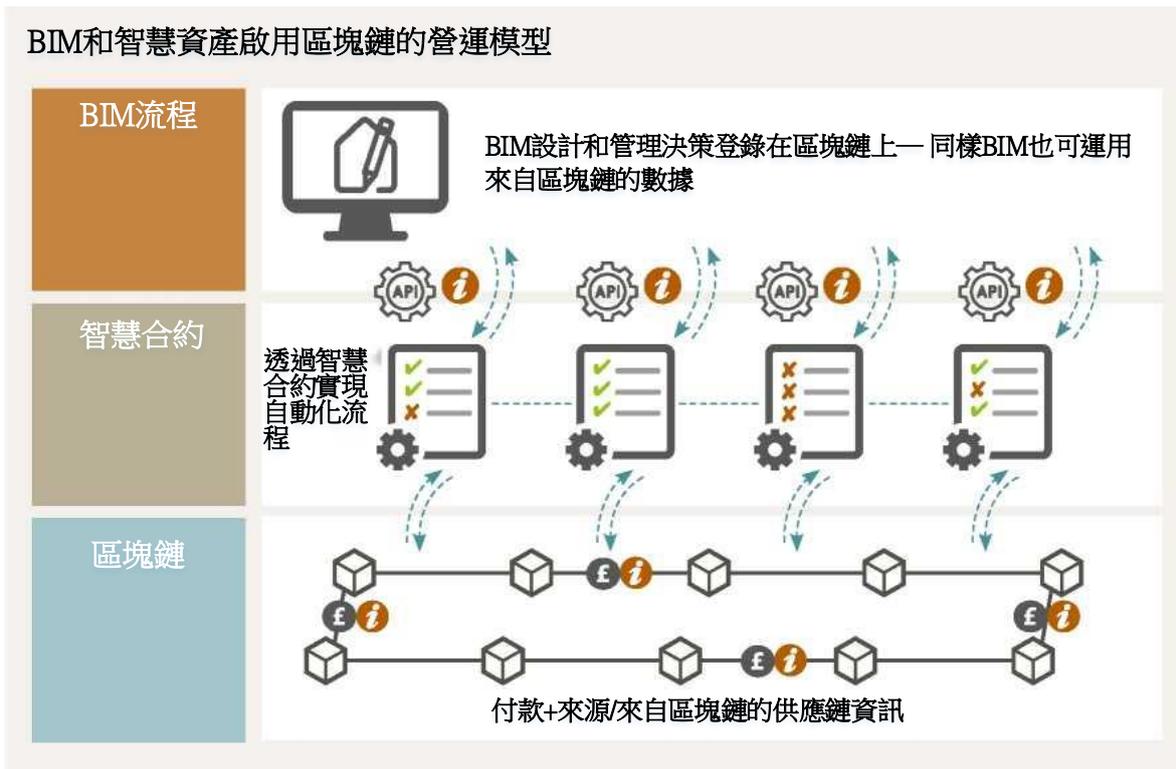


圖 4-9 BIM 和智慧資產啟用區塊鏈的營運模型

資料來源：Balint Penzes, et. al., BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY_Digital Transformation for High Productivity.ice Institution of civil Engineers, December 2018.(本報告譯釋)

在此模型中，區塊鏈將作為根本的基礎設施，以進一步加強任何種類的 BIM 模型，如此增加可問責的資訊。BIM 模型和區塊鏈之間的數據交換過程可以自動化，而自動付款義務和作業訂單可以通過智慧合約啟動。資訊和不同軟體套件之間可以透過 API 提供互操作性(協同工作能力、互用性)。

這種啟用區塊鏈的 BIM 方案的主要成果之一是在系統內部引入了傳統的信任。由於每項決策都在區塊鏈上記錄和可追溯，因此可以消除許多由專案參與者之間缺乏信任而產生的耗時和冗餘的檢查。通過在區塊鏈上捕獲全面的數據集，例如，設計決策、內容檢查、採購和交易數據，並將它們鏈接到 BIM 模型，得以建立安全且不變的日誌，此一日誌提供有關誰做了什麼以及產生了什麼影響的詳細資訊。設計變更的這種稽核紀錄將因明確建立了責任和問責制，而有助於建立協同作業環境，從而減少或完全消除了合作各方之間的任何爭議。

這種方法的進一步意義是可以利用帳本數據作為計算合作各方分配知識產權(IPR)的基礎。促進團隊成員創新的想法，因為區塊鏈可以記錄專案參與者所引進的創新設計功能。

六、數位雙生和智慧資產管理的方式

由於大多數營建計畫專案已逐漸轉變不是在竣工交付時就停止，而是持續進行維護管理，並一直持續到生命週期結束，因此智慧資產管理(SAM)系統在產業中的吸引力越來越大。

SAM 中的一個新興領域是稱為"數位雙生"的概念。基本上，數位雙生是現實資產的數位顯示。它具體呈現了資產從最初概念到營運停止和回收的整個生命週期中，執行資產管理的整體視野。為了實現這一點，從專案開始就需要一個足夠的 BIM 架構，以便模型的交付可以做為提供操作和維護階段的基礎。

BIM 領域中已經建立 COBie 規範(設施資產資訊交換標準)，目的在設計和營造過程中收集數據以支持營運和維護。這些資訊可以是工廠指定的結構零件的設計壽命，設計人員要求的預防性維護或有關結構材料本身碳足跡的數據。

區塊鏈使數位雙生實現整個生命週期的智慧資產管理，透過區塊鏈，數位雙生不僅包含界定營運策略、預防性維護或除役計畫的所有相關資訊，而且還確保了這些數據的可追溯性。例如，如果結構的某個部分發生了意外的故障，則可以透過數位雙生輕鬆準確地辨識問題的發生原因、負責組裝和採購的人員。藉由這樣的系統，保險糾紛和保修索賠的時間和成本可以大大減少，更不用說專案中每個參與者提供優質產品和服務的內在動力。

從這一階段持續進行，數位雙生系統才不會被侷限在"竣工"狀態。它可以結合物聯網(IoT)高度專門的設備和傳感器提供大量的數據服務。這是將數位雙生變成一個即時、資訊豐富的儀表板和資產管理報告工具的關鍵步驟。但是，與任何數據科學應用一樣，要能從數位雙生獲得洞見和知識的前提必須有優質的輸入數據，擬議的系統設計如圖 4-10。

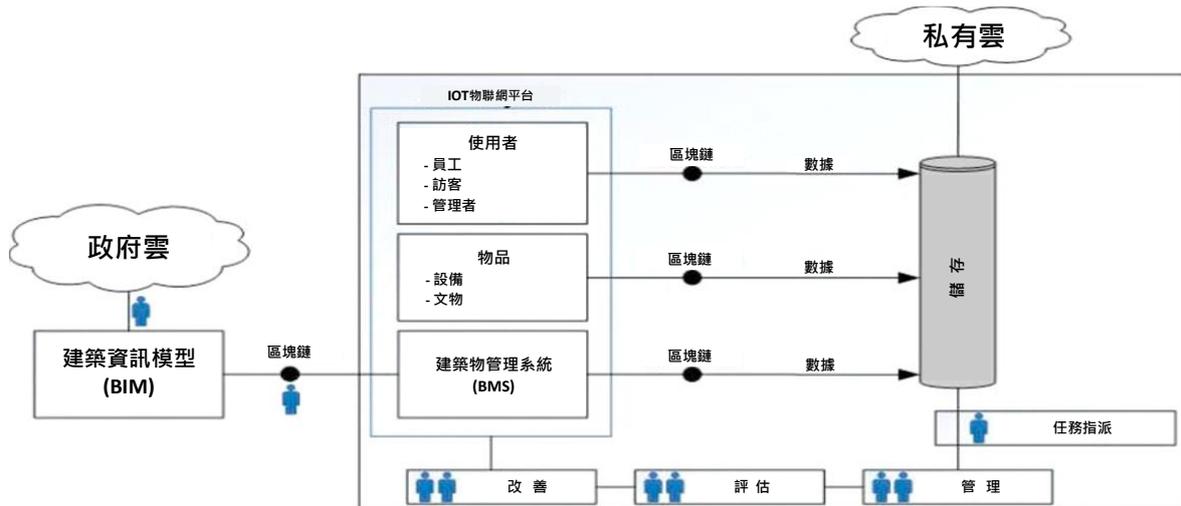


圖 4-10 整合 BIM、IoT 和區塊鏈技術的系統設計

資料來源：Lokshina, et. al., 《Application of Integrated Building Information Modeling, IoT and Blockchain Technologies in System Design of a Smart Building》, Procedia Computer Science 160, 2019/01/01, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.11.058>

使用區塊鏈來持續發展維運期間採取行動的日誌，可以確保物聯網提供的數據品質得到適當驗證，並符合客戶的要求。日誌可以提供與資產的設計和營造相同的收益。一方面，它可以藉由導入不可避免的問責制來實施更高品質的服務，另一方面，它也作為一種法律工具和/或威懾那些不遵守規則的專案參與者。可以透過監控和評量資產生命週期的績效來支持經濟增長-並且可以實現循環經濟效益。我們都可以看到購買二手車時服務記錄的價值，將來，如果基礎設施資產的構成、製造和服務歷史記錄同樣地不可變造，它們的價值也會增加。

BIM 和區塊鏈技術的結合可以為專案帶來價值，一是 BIM 可以合併，例如來自區塊鏈的材料來源或元件安置確認的數據，作為中央數據中心，並建構數位儀表板如圖 4-11；另一方面，它可以將資訊(例如模型修改)發送到區塊鏈，隨後智慧合約可以運用模型來處理付款或物料訂單。從這些案例中還可以看出，某些企業已經具備了所需的數位生態系統的基礎和投資開發的意願。隨著開發專案的成熟，將區塊鏈技術與 BIM 整合可能是產業發展中非常有希望的一步。

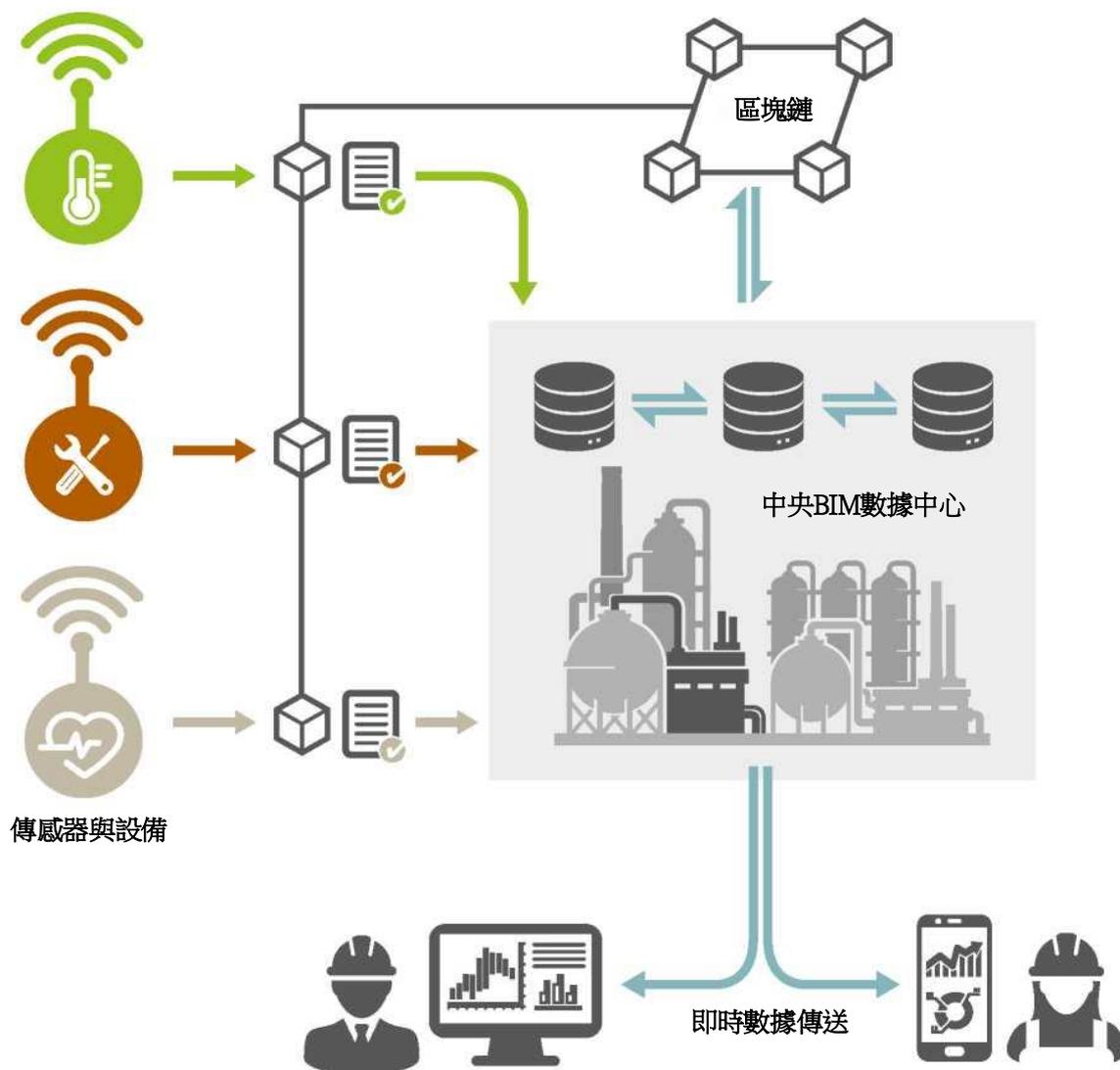


圖 4-11 BIM 結合區塊鏈和 IoT 成為中央即時作業儀表板

資料來源：Balint Penzes, et. al., BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY_Digital Transformation for High Productivity.ice Institution of civil Engineers, December 2018.(本報告譯釋)

第四節 國內外營建業應用區塊鏈的案例

營造業面對越來越複雜的專案建設，並且為了獲得更高的利潤及客戶的滿意度，顯得越來越不從心；其中法國建設業者檢討其成本結構，發現其中交易成本佔了很大的比例(一份 2017 由基礎設施客戶團體提出的報告提到甚至高達 50%) [10]，因此沒有實際用於施工建設或更新設施的經費，對對終使用者並沒有任何意義。

因此有具有遠見的營建業者，就思考導入區塊鏈企圖剔除中間人來減少中間交易成本，並能在相關利益者之間建立信任關係，進而成功達成專案計畫。

一、法國房地產業者導入區塊鏈的案例[10]

根據 Zakaria Dakhli 等人針對法國一家大型房地產業者進行個案研究，總共蒐集該業者資料庫散布法國各地共 56 住宅建案，假設其導入區塊鏈運用後所帶來的成本效益的研究。

本案例研究選擇的房地產公司在商業和住宅房地產領域擁有豐富的專業知識。它專門從事住宅資產的收購、開發和管理(其業務 70%以上與住宅房地產管理相關)。該公司遍布法國所有地區，尤其活躍於法國北部和巴黎地區。

研究者首先針對探討該房地產業者開發進行的作業流程，包括對財產所有權的確認、協調研究(企劃規劃)、執行及針對最終使用者建築計畫所涉及的採購(招商營建、材料、設備採購等)。因此，房地產開發商負責監督房地產計畫的設計和實施，包括土地的選擇，計畫的定義，專案計畫管理團隊的組成(負責執行專案計畫和控制工程的執行)，授予營建契約、監督施工，及最後房地產的銷售等，歸納出其成本結構如下。

表 4-2 法國房地產建設業者成本結構

總成本	
營造	工程合約
	風險
管理	專案管理
	額外花費
銷售管理	行銷
	業務費用
	業務支援

資料來源：Zakaria Dakhli, Z. L., Alan Mossman, The Potential of Blockchain in Building Construction. buildings, 5 April 2019.

該公司主要開發住宅"計畫"，然後將其招標給營造公司。因此，房地產公司被視為營造公司的客戶。假設是，區塊鏈可減少建造中的中介機構並有助於控制風險。在此案例研究中，區塊鏈的影響評估如下：

(風險+專案計畫管理+業務支援)/總成本，公式得出結果為一百分比。

該研究還收集了有關住宅建造計畫中利潤的數據。平均淨利潤率為 6% (標準偏差為 2.5%)。由於建設過程每個作業程序都有其風險存在，導入區塊鏈後可能因此節省成本，獲得高於目前的淨利潤。

整體而言區塊鏈就是一個結構化數據庫。目前，它主要用於記錄財務決策、交易和協議。雖然建築交易成本在總成本中佔很大比例，但它也可以應用於實體物流(例如，產品運輸)和資訊流(例如，活化特定動作)。利用智慧合約，可以在預定義的事件或一連串的動作後，觸發了後續的動作(例如付款)，因此省去很多無意義的作業程序。此外智慧合約，還可以代替企業組織的決策過程，並大幅減少管理階層人員。交易記錄和程序規則保存在所有者透明、無可否認的區塊鏈上。

傳統營建交易成本循著圖 4-12 黑色箭頭所示，例如，分包商由總承包商支付，後者由客戶支付。總承包商支付分包商，而後者支付其供應商。交易不只與金錢有關，就定義來說，交易花費是經濟交換，業務花費所產生的。一份合約涉及交易。協議則是許多交易的結果；合作也是如此。還有其他一些成本不比表 4-2 中重要的，因此沒有在該表中呈現中說明，但不見得不重要。那些都是計畫中的夥伴關係和合作。但目前所有計畫一開始，都依賴長久建立的信任，但每當有人為任何事情而受到指責時，夥伴信任就會崩潰。

當營建行為變得越來越複雜，因為建築趨向多功能使用，使涉及整個營建價值鏈中的參與者更多。因此，確定直接和間接客戶很重要(例如，誰直接或間接使用已設計的結構計平面?)。因此，而隨整個作業長串、長時間和地點導向的價值鏈中，也出現更多無價值的中介作業了。

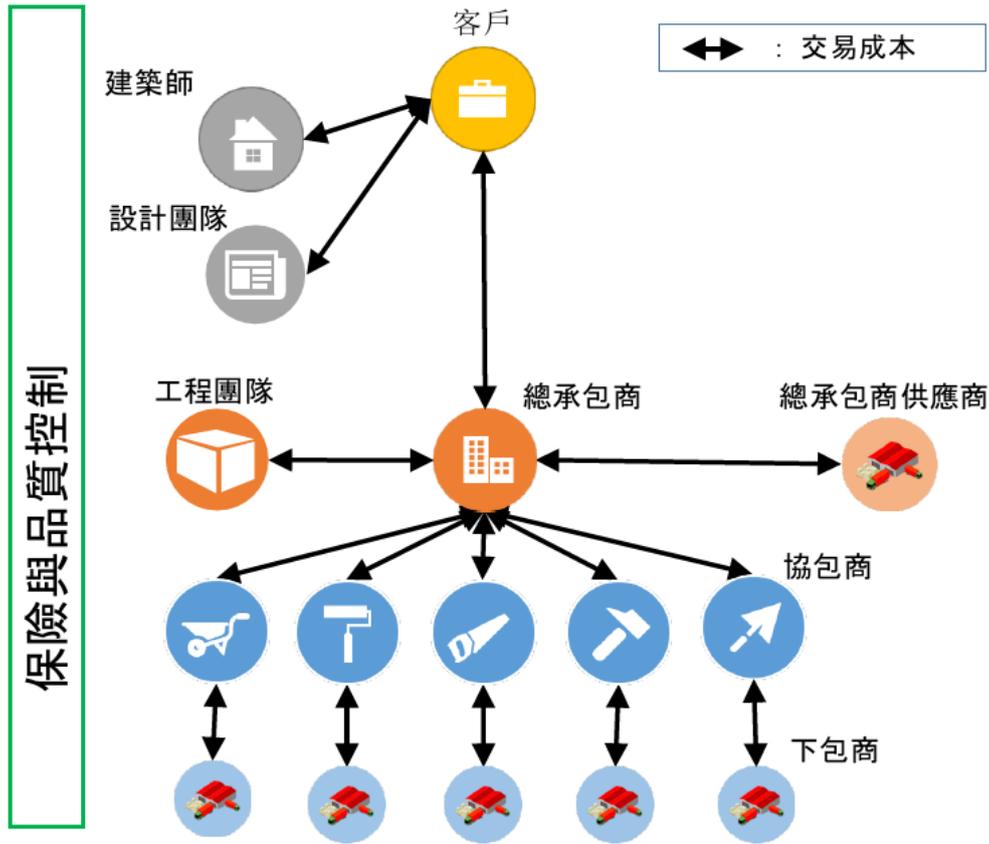


圖 4-12 營建產業契約與金流關係

資料來源：Zakaria Dakhli, Z. L., Alan Mossman, The Potential of Blockchain in Building Construction. buildings, 5 April 2019.

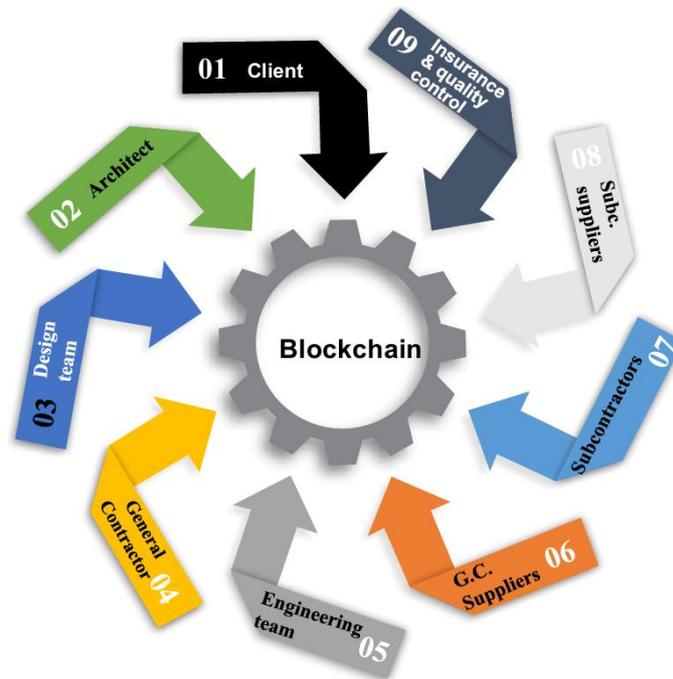


圖 4-13 區塊鏈導向的營建作業關係

資料來源：Zakaria Dakhli, Z. L., Alan Mossman, The Potential of Blockchain in Building Construction. buildings, 5 April 2019.

圖 4-13 呈現了我們新的認知，對於營造中導入區塊鏈之後。中介機構減少了，且在各關係人中的價值流也順暢了。其中營造中中介者包括：

- 營建價值鏈中固有的中間者：成本顧問/估算、勞動協約、客戶代表(客戶和團隊的中間人)、計畫經理、會計、稽核人員。另一種中間就是總承包商付錢給協包商，然後工作完成後客戶再付錢給總承包商。
- 營造價值鏈之外的仲介：銀行、律師、法院、政府。

因此智慧合約(合約自動化)其實與營建管理鼓吹的精實營建有異曲同工之妙。在精實思想的背景下，區塊鏈可能是一種減少時間、金錢和費力的方法，研究模擬結果，可能節省驚人的總營建成本 8.3%。

二、英國營建區塊鏈聯盟(CBC)協同合作設計解決方案

英國營建區塊鏈聯盟(CBC)結合美國 Autodesk 公司 Forge 平台與以太坊區塊鏈整合，建立了一項示範性解決方案，成功地證明可以將 Web 瀏覽器中的 3D 模型的意見，記錄下來並加蓋時間戳，作為以太坊區塊鏈上的傳輸(交易)數據。可以將此一相同的方法延伸，將以太坊區塊鏈整合到其他常用的，例如 AutoCAD、Revit 和 Bentley Building Suite 等設計軟體中。亦即使用區塊鏈作為單一來源的帳本，記錄不同設計軟體所做的更改，以協助解決一些設計協調問題和在建築專案中常見的糾紛。

為了解決營建產業的複雜性和大量專業知識所產生的許多特殊的軟體解決方案，對於 BIM 工作流程中的來源和互操作性一直是一個重大挑戰。而傳統數位技術工具還導致產業分散和專案資訊的遺漏失。本案例即是在 Autodesk Forge 平台上運行協同合作的 BIM 與在以太坊區塊鏈上運行的智慧運算合約的整合，可作為各種 BIM 和數位化施工管理專用軟體的介接機制。

因為以太坊區塊鏈是首先提出智慧合約的不可變、透明的區塊鏈解決方案，並且具有可與 Autodesk Forge 整合的現有程式碼；而區塊鏈是帶有時間戳記的公開透明的交易帳本，一旦記錄經過驗證就無法更改。如果每個負責公司使用的設計軟體與區塊鏈整合，那麼對模型文件的每次更改都將被記錄並在中央帳本上加蓋時間戳。然後可以快速查看該中央帳本，以識別哪些模型發生了

更改，由誰以及何時進行；幫助確定基於設計的可施工性問題的責任並避免相關計畫的延誤。

英國營建區塊鏈聯盟(CBC)提出的解決方案架構圖，如下圖 4-14

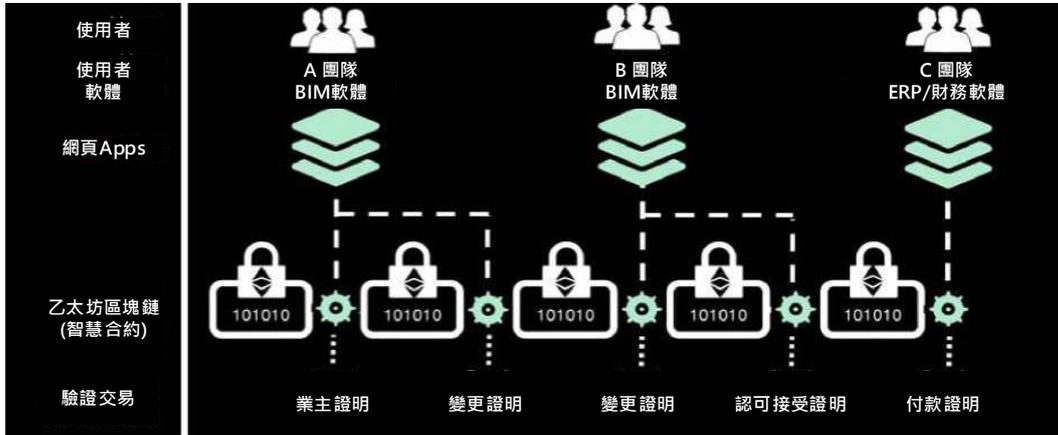


圖 4-14 解決方案架構

資料來源：Stephen Smith, 《Integrating Ethereum with Autodesk Forge》，2020/06/26, <https://www.constructionblockchain.org/cases>(本報告譯釋)

具體開發的解決方案，CBC 選擇公有鏈的以太坊區塊鏈與 Autodesk Forge 整合。其中 Forge 平台已提供了開發人員基礎的雲端工具，其中包括 3D 模型瀏覽器。此一解決方案能夠針對 Forge Web 應用流程中的 3D 設計模型對象進行設計相關的註釋、檢討建議的記錄。然後，可以由分別登錄同一 Web 應用流程的另一個使用者檢查和關閉這些意見。原始評論和結束回應的評論都上載至以太坊區塊鏈上的不可變、透明的交易(數據)。這是透過使用與 Web 瀏覽器整合的 Metamask Ethereum Web 錢包所實現，此 Metamask 錢包亦可稱為智慧合約，可將相關設計意見加上時間戳交易(數據)記錄到以太坊區塊鏈上。另外也開發了一套使用者儀表板，可讓使用者檢索帶有時間戳的交易(數據)，因此使用者可以輕鬆查閱其打開和關閉的相關意見的狀態。

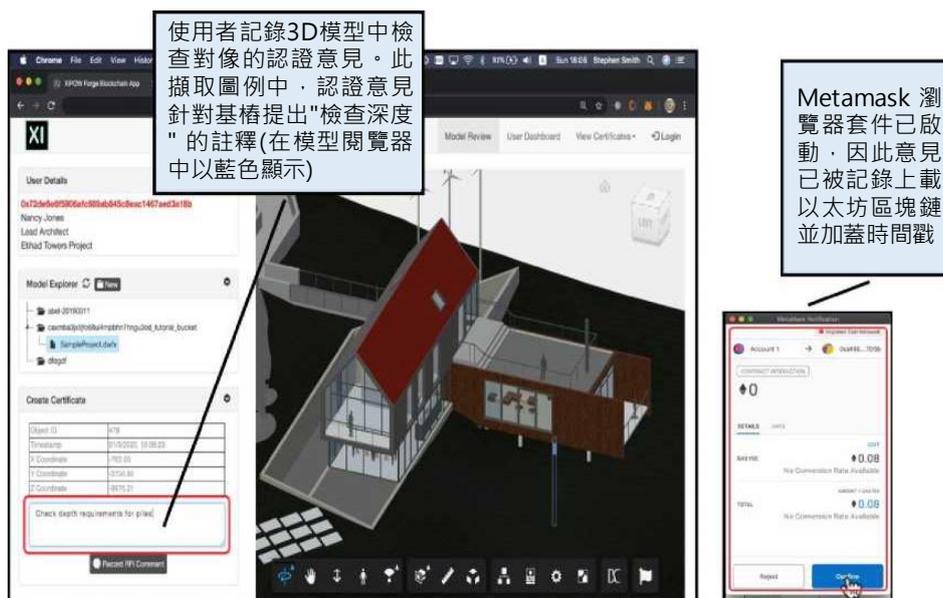


圖 4-15 以太坊區塊鏈上記錄的認證意見

資料來源：Stephen Smith, 《Integrating Ethereum with Autodesk Forge》，2020/06/26, <https://www.constructionblockchain.org/cases>(本報告譯釋)

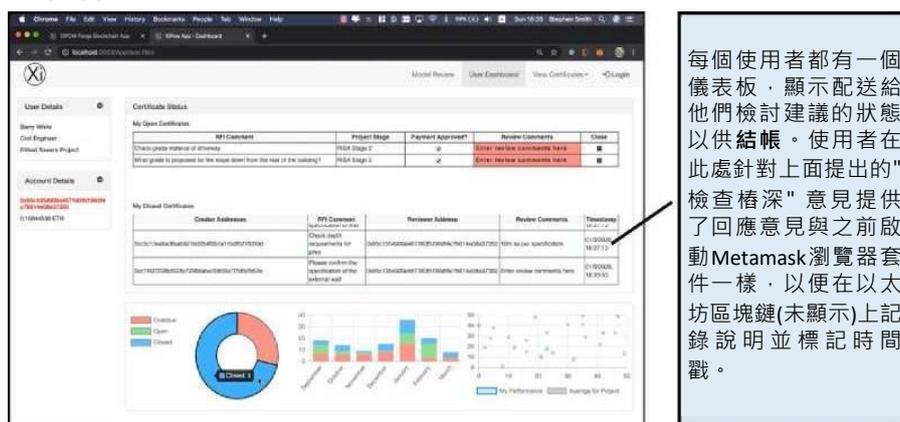


圖 4-16 使用者儀表板中顯示以太坊區塊鏈的認證意見

資料來源：Stephen Smith, 《Integrating Ethereum with Autodesk Forge》，2020/06/26, <https://www.constructionblockchain.org/cases>(本報告譯釋)

三、台灣世曦工程治理新作法

台灣世曦工程顧問股份有限公司自從 2018 年接觸區塊鏈技術於防救災平台可能應用後[25]，就構思從公司原有建構完整建築資訊模型(BIM)的實力基礎上，進一步結合區塊鏈技術，解決台灣營建市場，營造商不斷跳票的糾紛問題、如何究責？希望與區塊鏈新創公司聯手實驗工程治理新作法[26]，試圖讓底層分包商之間的契約與工程資料更透明。2020 年起更要嘗試與金融機構進行第二

階段驗證，擴大追蹤工程金流是否專款專用，同時，也要嘗試將鏈上資料作為融資風險評估的可能性。

台灣世曦表示，當工程發生糾紛時，由於資料不透明，就算法官要解決糾紛，也沒有可信任的資料能參考。因此，台灣世曦與區塊鏈新創「市民永續」合作，將數位化的工程資料上鏈，試圖透過區塊鏈的不可篡改特性，來確保每一筆工程資料的可信任度。

由於世曦的 BIM 系統，不只是內部系統，更像是一個資料共享平臺，提供其下每一層分包商之間交換工程資料，可能包括管線資料、機電設備資料、土木建構資料甚至到空間設計資料等。但是，一旦分包商之間發生法律糾紛，世曦作為平臺管理者，可能也得負起部分的資料擔保責任。因此結合區塊鏈新創業者將世曦 BIM 資訊系統，透過 API 串連區塊鏈，將每一筆工程資料的詳細資訊都上鏈，包括創建者、共享對象、創建時間、內容等。

在區塊鏈不可否認性、無法竄改的特性基礎上，如實記錄下每一筆資料傳輸過程，並且確保其可被信任，是釐清糾紛的一大關鍵；例如，有棟 20 樓大廈，其中的空調線路出問題，這時，光是找到負責對象，就要從上層管控中央空調的樓管業，往下找到營造商，取得機電設備與管線分佈圖，接著，再往下找到當初採購空調設備的供應商，也就是負責的服務提供者，來進一步修復、解決問題，但實際上，客戶的需求是在三小時內就能吹到冷氣。這時，透過第三方的區塊鏈業者來提供驗證服務，讓其中資訊可被追溯、信賴且透明，就能更快的解決問題。

台灣世曦已經完成第一階段的驗證，將工程文件上鏈，接著進一步要以區塊鏈來追蹤資金流向與用途，來確認營建過程中的每一筆資金，都有依照工程進度專款專用，比如說，用來採購原材料的費用，是否已經支付給供應商，透過區塊鏈來記錄資金流向，就能快速找出異常狀況，以此監督工程執行，就連工人的出工率，都能定期彙整到區塊鏈上，作為工程進度是否延宕的參考；未來甚至還可能作為金融機構評估融資風險的參考依據，若該工程出工率低，工程延宕的機率提高，融資的風險也將隨之提高。



圖 4-17 台灣世曦導入工程治理區塊鏈

資料來源：翁芊儒. 建案營造商跳票糾紛如何究責？台灣世曦找區塊鏈新創聯手實驗工程治理新作法. 2020/02/19; Available from: <https://www.ithome.com.tw/news/135835>.

台灣世曦此一工程治理區塊鏈，與前例不同，並非要精簡營建工相關流程或中介機構應用，也不是要直接解決營造商違約、停工的問題，但藉由提供相關單位可信任的資料，就有機會從底層開始把關，降低營造商跳票的風險，「透過區塊鏈，可以確保不同組織之間，達到安全、透明的資訊交換。」[26]

四、塔塔鋼鐵公司與營建智慧合約委員會和 IBM 的試驗計畫

澳洲塔塔鋼鐵公司作為負責採購通過 BES 6001 製造商認證，投資建立了從原材料到使用中的產品可追溯監管鏈，以及與所有相關標準有關的規格和生產條件。但是，正如一般製造商那樣普遍的情形，資訊和證明文件都是根據要求提供的，而不是實時鏈接個別產品與唯一數位數據。

於是塔塔鋼鐵公司與營建智慧合約委員會及 IBM 成立一項試驗計畫；最初試驗計畫的目的在追蹤塔塔鋼鐵出產的鋼樑，從生產開始直至重新使用或回收為止的整個生命週期的供應鏈。每個鋼樑都有唯一 ID 可進行追蹤，並將此 ID 在區塊鏈系統上登錄。透過此數位標識(也稱為材料的數位護照)，提供後續參與各方對於製造和設計規範有了可用而透明的資訊。

隨著鋼樑在供應鏈中每一所有權屬發生的變化、運輸細節等等資訊也會添加到與特定梁關聯的區塊鏈中。這樣，帶有標記的梁在安裝後，可以將具有標記的資產輕易添加到專案的 BIM 模型中，並具有其特定 ID 以及有關其生產和採購的所有詳細資訊，得以選擇即時鏈結到不斷更新的製造商規格數據庫中。

這樣區塊鏈的實施建立了一個非常強大的工具，可在現場管理鋼鐵材料，並使未來所有相關各方對出處具有信心，並能夠快速履行匯報原產地規則的義務，例如火災報告。

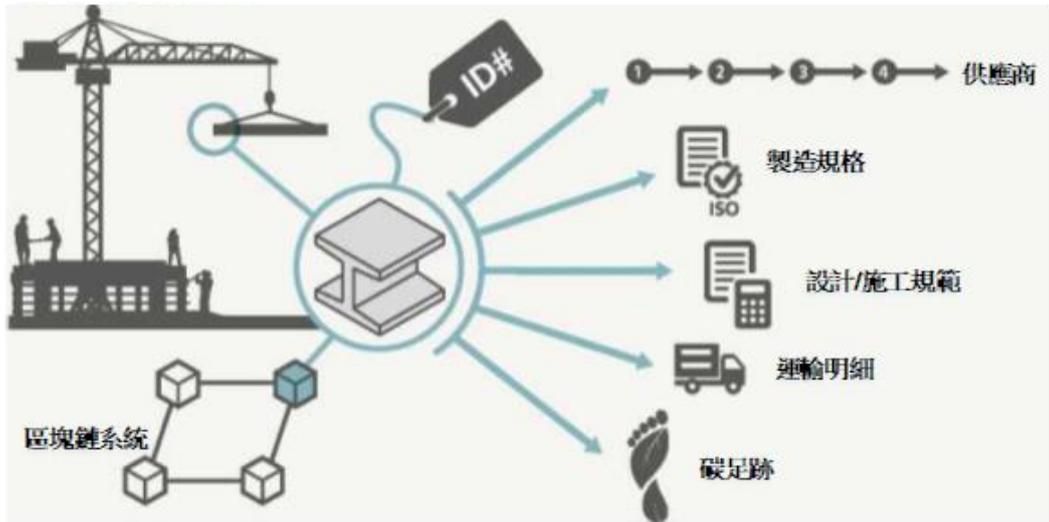


圖 4-18 塔塔鋼鐵的鋼樑產品的生命週期追蹤區塊鏈

五、日本積水建設不動產區塊鏈應用[27]

日本積水建設子公司 Sekisui House 正在構思導入的區塊鏈技術作為下一代房地產平台。並號召電信、天然瓦斯和保險等公司加入這個平台；計畫願景是希望在不同水、電等產業和政府之間合作，以創造新的服務。2019 年 3 月已開始與 KDDI 和日立公司合作，建立實現公司與公司之間的資訊協同合作平台。將使身份驗證的資訊(KYC)利用區塊鏈在平台上共享，並且藉由實驗驗證，證明可提高租賃合約的便利性。

2019 年 9 月 27 日，大阪瓦斯、東邦瓦斯，日本松浦、日本興亞、東京海上、三井住友海上火災等保險有限公司也參加了這項先導計畫，並開始進行許多與租賃住宅相關程序的一站式整合。

具體作法是從 2017 年 4 月起，就開始使用日本虛擬貨幣公司"bitFlyer"的區塊鏈"miyabi"建構出房地產產業的第一個區塊鏈技術。此一基礎平台就是

是藉由區塊鏈技術所開發出的房地產物業管理系統，將來能讓我們將與其他產業合作，創新建立起我們構思的以使用者為導向的資訊銀行，因此而創造出新的業務和服務。

2017 年啟動即以 miyabi 區塊鏈技術實際應用於出租公寓的 Shamaison 房地產管理系統。Shameson 租戶透過租金支付獲得的"MAST 積分"，使居民在搬遷時最多可獲得 3 個月的免費租金；2018 年 8 月積水房屋已在區塊鏈上儲存了隨時可以使用的 63 萬筆房地產資訊和住戶資訊。

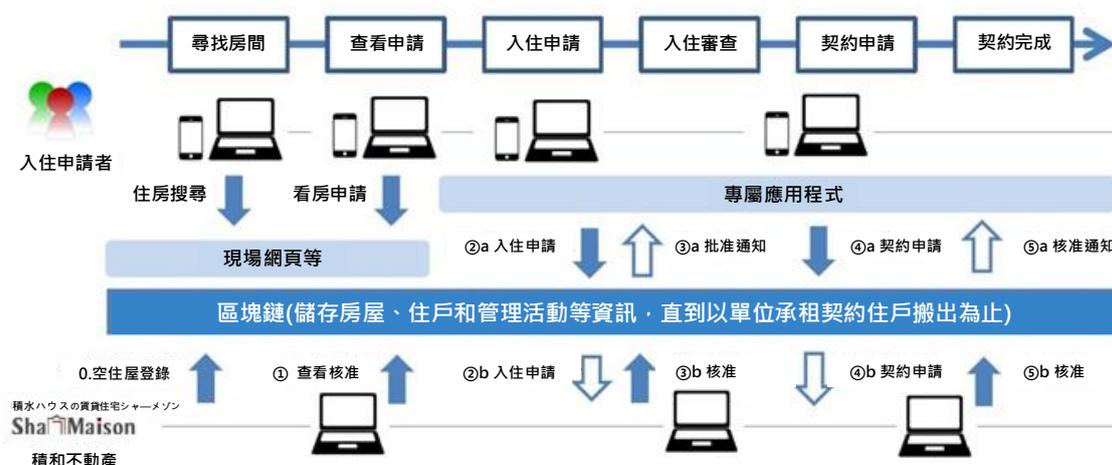


圖 4-19 積水房屋租賃契約使用區塊鏈和應用程式圖示

資料來源：田原陽一,《積水ハウス IT 業務部の挑戦!》，BUILT buliding x IT, 2019, <https://built.itmedia.co.jp/bt/articles/1910/17/news009.html>

目前正在運行的區塊鏈技術是運用"以太坊"平台，可實現去分散式計算並且簡化契約(智慧合約)，所開發金融領域的"Quorum(摩根大通開發的區塊鏈技術)"，未來還將出現更行複雜的組合。不僅是系統，保留在區塊鏈上的操作歷史記錄(過去租用率，房租支付等)是強有力的信用保證，並且首次實現了具合法性質的智慧合約。

目前上載區塊鏈的房屋部分中所登錄的是"建物資訊"，例如位置，平面圖，房屋設備，改建歷史(例如裝飾布料更換)和"住戶資訊"(例如付款歷史和居住條件)如圖 4-20。如果有長期居住記錄而且沒有拖延支付租金的情形，則住戶將能從合作的夥伴公司，獲得更高等級服務的好處，而且優先獲得下次租屋的選擇權。

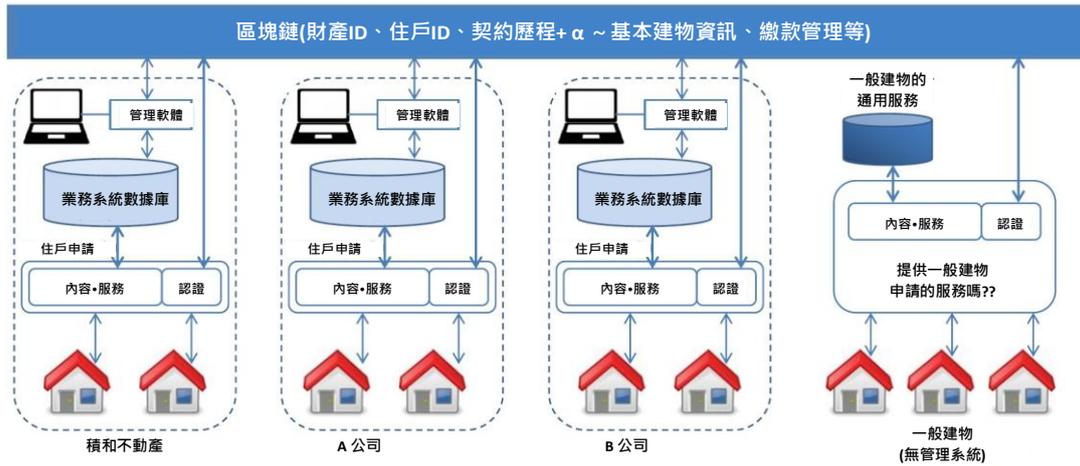


圖 4-20 透過區塊鏈共享建物資訊/住戶資訊圖

資料來源：田原陽一,《積水ハウス IT 業務部の挑戦!》, BUILT buliding x IT, 2019, <https://built.itmedia.co.jp/bt/articles/1910/17/news009.html>

因為在日本，普遍的很不信任提供和使用個人資訊，而區塊鏈的優勢就在於"信任"，容易促進協同合作，並且適合聯合多家公司收集資訊(前提是在"使用者同意"下)，讓許多公司得以在日常生活中的各種情境下使用到交叉鏈接所得出的有關居住、信用和各種購買合約的信用資訊，就有可能在同一天的各種現場進行身份驗證程序，加速媒合租賃作業。

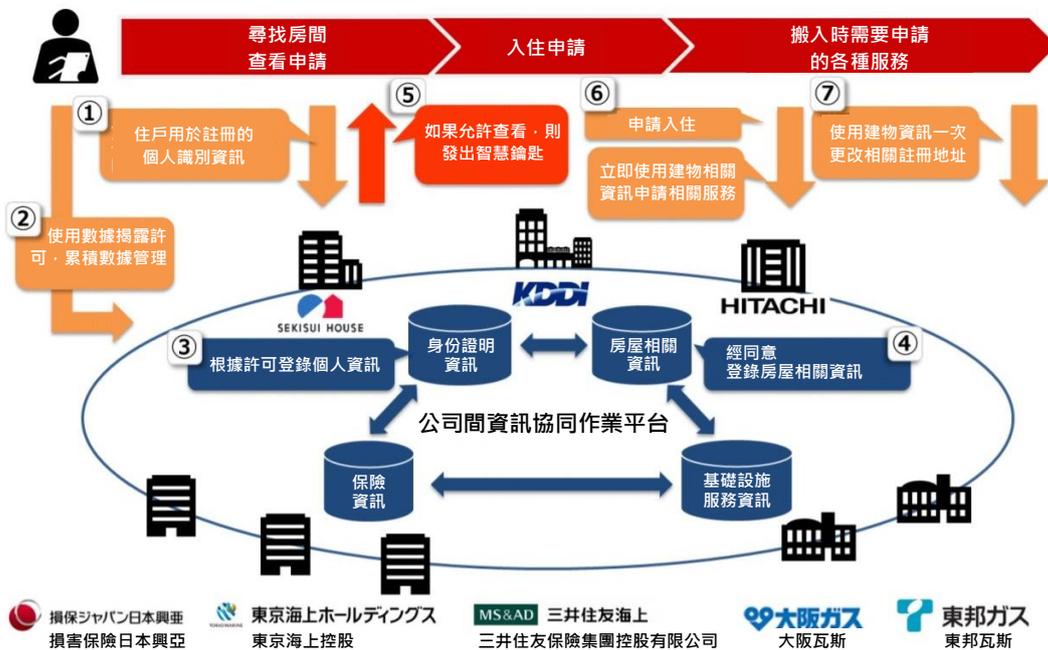


圖 4-21 聯合各公司成立聯盟建立的資訊共享平台圖

資料來源：田原陽一,《積水ハウス IT 業務部の挑戦!》, BUILT buliding x IT, 2019, <https://built.itmedia.co.jp/bt/articles/1910/17/news009.html>

此外，通過累積的和民主化的操作、客觀、廣泛(以使用者為中心)的信用評分，網路預訂、短期使用、共享，遠端創新將發生在租賃本身的機制中，例如偏遠地區的契約，這將增加市場的流動性並活躍市場。

第五節 營建業導入區塊鏈關鍵問題分析

依據紐西蘭 GSI New Zealand 的研究[3]引述世界經濟論壇分析的報告指出不論政府或產業部門，評估區塊鏈導入的關鍵問題分析，其實與資訊科技技術的導入評估程序並無太大差異；重點仍在於企業是否需要區塊鏈"去中心化"、"數位資產"、"永久性的紀錄"的本質特性來協助解決內外部流程所謂廣義供應鏈的問題。以下是世界經濟論壇出版報告指出的關鍵問題：

問題 A 指出，要使區塊鏈成為合適的解決方案，需要了解業務環境。這些問題詢問是否需要取消中介機構。在產品合規性和保證的情況下，使用區塊鏈並不試圖消除任何中間團體。最終，產品供應商需要提供適合其用途的證明。需要這些證據的提供，以便營建產業和監管機構人員放心該產品適合於目標用途。

問題 B 指出，要成功應用區塊鏈，它需要與數位化的本地資產一起進行，這意味著可以成功以數位格式表示的資產。對於具有 GTIN(全球貿易物品編號)的建築產品是可能的。這是一個全球唯一的識別碼，可為實體商品提供數位形式。

問題 C 的重點，是是否可以為數位資產建立永久記錄。這是關鍵問題之一，因為區塊鏈的優勢之一就是它是信任之源的概念(同上)。從這個意義上講，正是產品供應商需要確保產品符合特定用途。這裡的問題是，隨著產品的不斷發展和供應商提供最新證據，是否需要永久記錄。

問題 D 是與業務流程所需的速度有關。目前的區塊鏈無法高速處理交易。區塊鏈的可擴展性是當前技術狀態中最多被引用的問題之一。

問題 E 指出，目前不建議在區塊鏈上儲存非交易型數據。非交易型數據具有定義條件或數據值何時保持不變的開始日期和結束日期。當涉及產品保證和合規性問題時，這一點至關重要。如果對產品的性能或規格進行了改寫或變更，則需要新的證據證明該產品適用於特定目的。

問題 F 的問題是，是否需要依賴可信任的一方？例如出於合規性或責任性原因（同上）。世界經濟論壇指出："在監管發揮重要作用的使用案例中，可能有必要將主管機關納入計畫，並提供主管機關可以確保如何調適法律的手段。而如果沒主管機關參與，部署區塊鏈可能會非常困難"。因為信任的需要是重要關鍵，並且產品供應商需要提供證明其產品適合用途的證據。主管機關可以在建築標準架構中發揮作用，而在這種決策樹模型中，區塊鏈可能會有其作用，但是需要進一步的研究和開發。以目前情況而言，區塊鏈還沒有足夠成熟的狀態來解決這個問題。

問題 G 涉及的問題是，區塊鏈是否被用於契約關係管理或價值交換。因為就營建產業來看，契約關係並未得被管理。這個想法是，是否可以使用區塊鏈來提供一種產品符合法規的機制。

問題 H 關注，網路中的所有成員是否都需要能夠在區塊鏈上寫入交易。有許多製造商將產品供應紐西蘭市場。要求這些供應商都能向區塊鏈登錄資訊。

問題 I 是，合作者是否彼此了解和信任。如果已經建立信任，那麼可能就不需要區塊鏈了。在建築業中，已經知道有許多供應商，但是並沒有要求他們彼此真正認識。

問題 J 聚焦於，是否需要功能控制。如果需要功能控制，那麼就很有必要使用許可制的區塊鏈。

問題 K 要詢問的是，交易是否應該公開。如果可以公開進行交易，那麼就有充分的理由採用公有制區塊鏈。決策樹得出結論，在以下情況下，區塊鏈技術可能是最合適的：

- 有消除中介機構或經紀人的期待
- 使用數位資產(或實物資產的數位表示形式)
- 可以為數位資產建立永久的權威(可信任、官方的)記錄。

事實上世界經濟論壇還為業界提供一份通用性組織評估是否適合導入區塊鏈的決策流程，如圖 4-21；營建產業或可依此初步評估是否需要導入區塊鏈，而不至於盲目跟從，又或喪失提升企業組織能力的機會。

區塊鏈技術及營建產業應用案例探討



圖 4-22 企業導入區塊鏈的決策流程圖[3, 4]

資料來源：世界經濟論壇(本報告譯釋) http://www3.weforum.org/docs/WEF_Building-Blockchains.pdf

第五章 結論與建議

區塊鏈目前仍然是很"嗨"的議題，並且受到許多產業領域包括金融業、供應鏈、醫療等界的關注，即先導應用研究。有些可能會成功，有些會失敗，但都可以提供我們辨識吸取已經實施的經驗和障礙。這些先導案例將有助於學習及技術發展。最終區塊鏈將會成熟、建立出標準，並且找到適合區塊鏈解決方案的利基市場。儘管現在尚無法斷定這個利基市場何在，但營建產業應密切關注區塊鏈的發展，以獲取任何潛在功效。

第一節 結 論

營建產業面臨許多挑戰，尤其基礎設施專案計畫複雜，利益相關者包含高度分散多層級大中小各類的承包商、設計人員、材料和設備製造商、供應商和運輸服務業者的供應鏈來管理計畫，同時還要滿足大量法規要求。這是處理風險分配和專案計畫管理以及績效安全和保險要求的複雜結構。也讓出資業主和保險公司要求提供更強有力的績效保證。

雖然政府一直在鼓勵最有利標的協同合作承包，但因投標價格都高於預期底價，工期延誤，因合約項下的風險分配而引起承包商索賠以及不適當的風險轉移，都難以讓實際承辦單位有信心推動，遑論實現對專案計畫績效的單一問責性。目前營建工程的設計審查、品質保證和合約管理流程的附加層，以及實施專案計畫所需的額外資源等，都降低了主管機關的意願及效率，並且侵蝕了計畫的價值和公眾的信心。

展望未來我國營建產業必須學習其他產業進行數位轉型，引進先進國家非常關注的先進科技來提高計畫生產率。但是所謂無人機、3D 列印、建築資訊模型(BIM)(可以促進設計流程整合)、機器人、物聯網(IoT)、虛擬實境等倡議，僅取得了中等程度的效益。營建產業生態系統仍然頑固不堪，功能失調[28]。

因此，必須重新構思實體與資訊數據流程以提高資訊透明度，並提高產業對工作產品的可追溯性和可問責性的方法，要實現這一點，就需要思考導入區塊鏈重新建構利益相關者之間的信任層級。這包括重新考慮整個供應鏈，從材

料的設計、採購和採購到製造，再到品質保證直到將材料納入基礎設施以完成其生命週期。

第二節 建議

鑒於先進國家對於區塊鏈對營建產業的導入，及潛在影響的討論越來越熱烈。大致而言，都持正向看待正確導入區塊鏈的效益，例如透過營建工程專案計畫全生命週期，進行專案計畫數據之記錄、分享及保存，以利合約管理、各專業設計整合確認、施工管理、供應鏈管理、財務支出等應用多種方式對整個產業有所幫助。但是，在我們可以斷言區塊鏈是構建過程中重要關鍵之前，仍然需要採取許多步驟，因此建議

建議一：針對整體營建產業進行導入區塊鏈的調查，其中包括公共工程主管機關、工程顧問公司、建築師及各專業技師、建築及房地產投資業者、營造公司等，探討產業相關利益者對區塊鏈技術的了解程度、導入意願，目前應用情型及預期效益等。

建議二：智慧城市及智慧建築有很多方面，例如智慧健康醫療、智慧交通、智慧電網、供應鏈管理、金融系統和數據中心網路，其實就是物聯網甚至萬事聯網(IOT)的展現。此外，還有如何應用數位科技進行公共治理的問題，建議探討區塊鏈技術優勢(分散式、可信任、不可篡改、智慧合約等)解決傳統中心化大數據、人工智慧應用過程中，數據孤島、數據安全威脅、數據確權與增值應用等問題。

建議三：智慧家庭的應用日益普及，對確保使用者數據的透明性，安全性和隱私性需求非常重要。因此建議結合區塊鏈技術優勢(分散式、可信任、不可篡改、智慧合約等)，從社會關注的智慧家庭應用家庭照護和第三方醫療系統之間的互操作性、智慧電網中輔以P2P的能源交易，智慧家庭可信的數據收集及交易平台，以激勵數據收集並創造新的價值鏈。

建議四：建議探討我國房屋租賃市場導入區塊鏈技術，開發房地產物業管理系統平台，以創造出新的業務和服務。

附錄 一

109 年度自行研究「區塊鏈技術及營建產業應用案例探討」期 初審查會議紀錄

一、時間：109 年 3 月 12 日(星期一)下午 2 時 30 分

二、地點：本所簡報室

三、主席：王所長榮進

記錄：林谷陶

四、出席人員：詳簽到簿

五、主席致詞：(略)

六、研究案主持人簡報：(略)

七、發言要點(依簡報順序)：

1. 108 至 111 年推動「智慧化居住空間整合應用人工智慧發展推廣計畫」，持續探討相關創新科技在智慧化居住空間應用。
2. 本案本年度請先詳細瞭解區塊鏈技術之詳細內容與機制，並蒐集分析國內外營建產業應用案例，未來再持續探討相關研究課題。
3. 本案題目建議修正為「區塊鏈技術及營建產業應用案例探討」。

八、會議結論：

請參考與會同仁之寶貴意見，並請納入研究內容參採修正，使研究成果更為豐富完整。。

九、散會：(下午 5 時整)

附錄 二

本所 109 年度自行研究「區塊鏈技術及營建產業應用案例探討」 案期中審查會議紀錄

一、時間：109 年 8 月 11 日(星期二)下午 2 時 30 分

二、地點：大坪林聯合開發大樓 15 樓第 3 會議室

三、主席：羅組長時麒

記錄：林谷陶

四、出席人員：詳簽到簿

五、主席致詞：(略)

六、計畫簡報：(略)

七、綜合討論：

中華民國全國建築師公會(江建築師星仁)：

- 1.報告書中智慧合約或是智慧合約，建議名詞應予統一。
- 2.所舉專案計畫案例(風險+專案計畫管理+業務支援)/總成本之計算式分母總成本定義為何，又計算式除分子 3 項，是否尚有其他專案計畫可予補充說明。

財團法人資訊工業策進會(周研究員晨蕙)：

- 1.報告書中 p1、p2、p12 等誤繕錯字請修正。
- 2.p28 有關醫藥產業應用區塊鏈技術，建議可再補充美國 FDA 於 2019 年起推動之試點計畫內容。
- 3.區塊鏈技術之智慧合約自動執行功能，反而有可能侵犯資訊隱私權和資訊自決權，或壓縮私人空間之自由度，而區塊鏈去中心化特性締結智慧合約時，無法確認對方身分及確保意思表示合致，對契約法造成挑戰。

本所一

陳助理研究員士明：

營建產業應用、醫療產業及印度漁業運用區塊鏈技術時，如何確保上載區塊鏈中驗證資訊的真實性，建請補充說明。

徐副研究員虎嘯：

上載區塊鏈中的加密資料，交易傳輸至特定對象後，如何確定解密後的資料是正確無誤的，請補充說明。

姚約聘研究員志廷：

區塊鏈技術對營建產業而言確實是新興技術，但是否為確實必要導入的資訊，請補充說明。

主席(羅組長時麒)：

1. 區塊鏈技術對營建產業應用而言，同樣予 AIoT、大數據、雲端運算等都屬創新應用，本所先予關注了解實屬必要。
2. 後續智慧化居住空間特別議題工作小組(SIG)，可邀請區塊鏈領域專家學者、資策會等單位，針對物業管理、共享經濟等之應用進行討論，並通知本所各組有關同仁共同語會瞭解。

計畫主持人回應(林副研究員谷陶)：

1. 感謝各位機關團體代體及本所同仁寶貴意見，相關名詞、誤繕等缺失，當於後續研究作業中統一修正。
2. 後續當持續補充各領域，尤其營建產業應用區塊鏈技術之範例及成功效益，並再深入瞭解智慧合約與隱私權的議題。
3. 據瞭解上載至區塊鏈的資料，經雜湊演算法及密碼學原理加密，及接收後解密之資料正確性尚無疑慮；惟與一般資訊系統一樣都有垃圾進、垃圾出的問題，及區塊鏈技術無法幫助驗證所輸入資料的正確性與否，但確實可保證傳輸過程的正確性與不可否認性。
4. 至於營建產業是否一定必須導入區塊鏈技術，根據目前收集已有國家的評估報告指出，確實因為目前營建產業的環境特性關係導入區塊鏈時機尚不成熟，惟仍強烈建議持續關注及結合營建領導業者合作試點。

八、會議結論：

本次會議期中報告，經審查結果原則通過。請業務單位將與會出席代表及本所人員意見詳實記錄，以供計畫主持人參採。

九、散會(上午 11 時 05 分)

附錄 三

本所 109 年度自行研究「區塊鏈技術及營建產業應用案例探討」 案期末審查會議紀錄

一、時間：109 年 11 月 24 日(星期二)上午 9 時 30 分

二、地點：本所簡報室

三、主席：羅組長時麒

紀錄：林谷陶

四、出席人員：詳簽到簿

五、主席致詞：(略)

六、計畫簡報：(略)

七、綜合討論：

中華民國全國建築師公會(張建築師文瑞)：

- 1.建議本案題目修正為《營建產業應用區塊鏈技術的探討》，以簡明扼要貼切表達研究的內容。
- 2.本案英文摘要尚未完成，請續予完成；有關報告書內容，以下部分建議再補充說明：
 - (1)請補充說明報告 R3 文字中參考國內外書籍期刊[3, 5-11]、p14[9]等處符號之代表意義。
 - (2)建議 P.5 等繕寫有關 DLT「分散式帳本技術」之處，應有一處列出完整的英文名詞，並補充說明 P.14 Ripple(瑞波幣)之意義。
 - (3)建議 P.15 拜占庭容錯演算法可列入 P.67 附錄三的重要術語及定義中，俾讀者容易查閱其內容。
 - (4) P.60，圖 4-22 企業導入區塊鏈的決策流程圖模糊，建請修正。
 - (5)報告書中部分內容標註有「X」之註記，請說明其代表意義。
- 3.本研究有關區塊鏈技術知識及營建產業的可能應用，讓人覺得政府涉入建築師業務技術面管理是個值得反思的安排，建築師要發揮自主監督的功能，負起技術的責任，負起 BIM 模型建構正誤之職責。建議政府或可導入區塊鏈技術，做好去中心化的管理，專注在行政管理的面向，落實建築管理「行政」與「技術」分離的管理策略。
- 4.營建相關業者亦當自強，以 BIM 來核對建築技術規則，極其複雜，很難辦得到。建築技術規則是設計指南，不宜拿來作為管控的工具。

- 5.由於「區塊鏈」技術的認知，或許建築師可以做好區塊數據的認證與自我管理，地方建管單位處於高一層的區塊鏈，營建署則站在類中心的高階區塊，有效做好不干涉細部的管理，是本研究露出的契機。

財團法人資訊工業策進會(周研究員晨蕙)：

- 1.本案已完成相關資料之蒐集及國內外典範案例及營建產業應用現況探討，成果值得肯定。
- 2.報告書 P.5 第 2 行「分散式帳本」、P.11 倒數第 6 行「P2P」等處字型半形全形請前後統一；另圖說資料來源中文書目之標點符號為半形等格式問題建請調整。

財團法人工業技術研究院(簡主任仁德)：

- 1.區塊鏈技術在資料交換是相當重要的，建議進一步釐清在營建產業的利基應用。
- 2.營建業應用區塊鏈的競爭優勢，建請加強說明，以突顯區塊鏈在營建產業的應用價值。

本所—

簡任研究員文弘：

建議可針對營建產業應用案例導入之緣起與聚焦重點加強說明。

主席(羅組長時藤)：

- 1.本研究建議從政府角度分析營建產業如何應用，並說明應用的關鍵所在。
- 2.有關日本住宅租賃市場應用區塊鏈作法，建議後續再收集國外有公共住宅應用案例，尤其相關收集數據交接漏失之防止等議題。

計畫主持人回應(林副研究員谷陶)：

- 1.感謝各位機關團體代體及本所同仁寶貴意見，相關名詞、誤繕、圖形模糊、書目文字格式問題等缺失，當於後續研究作業中統一補充、修正；其中[9]代表參考或引用參考文獻之書目 9，[3, 5-11]則代表參考或引用參考文獻之書目 3.及 5.至 11。
- 2.有關區塊鏈是否可應用於建築管理部分，本研究尚未蒐集到此類實際案例，惟依英國營建區塊鏈聯盟所建立之平台觀察，確可進行圖說審查流程的應用；此外，從目前案例及外文期刊觀察 BIM 的應用確實與區塊鏈技術有越來越緊密結合的趨勢，後續當持續關注此類應用發展的可行性與案例。

3. 區塊鏈於營建產業應用實際的效益與利基，目前依國外少數案例顯示主要來自營建過程的流程與架構精簡，大幅減少各級利益相關者的管理、保險及銀行利息等成本。特別是因為區塊鏈的信任與不可竄改特性，讓各級供應商可以專案計畫合約成為初期所需資金的借貸保證，並降低利息支出(因為銀行業者也成為區塊鏈的一個節點，可以共同見證專案計畫的真實性)。
4. 有關區塊鏈應用於住宅租賃市場，日本積水房屋已導入應用，並異業結合其他通訊、家電，甚至也結合了同為出租業者共享不可竄改、可信任的資訊，共創三贏的市場利基，後續當持續關注我國社會住宅可能應用必須先解決的相關問題及時機。

八、會議結論：

1. 本次會議 3 案期末報告，經審查結果原則通過。請業務單位將與會出席代表及本所人員意見詳實記錄，以供計畫主持人參採，並於報告中妥予回應。
2. 請注意圖示及圖表的智慧財產權，如有引述相關的資料，應註明資料來源。整份報告的結論與建議事項，應考量具體可行，並鼓勵將研究成果 投稿建築相關學報或期刊。

九、散會（上午 11 時 20 分）

附錄四 區塊鏈重要術語及定義

1. Bitcoin (比特幣)：比特幣是一種基於工作量證明區塊鏈的知名加密貨幣。
2. Blockchain(區塊鏈)：區塊鏈是一種分散式帳本技術，由不可更改的數位記錄數據包(稱為塊)組成，其中每個塊隨後使用密碼簽名"鏈接"到下一個塊。
3. Block(塊)：塊是不可更改的數位記錄數據包。來自網路的交易填充了區塊，並在驗證交易後將其永久編譯到區塊鏈中。塊包含時間戳，並且以一種一旦記錄就不能更改的方式建構。
4. Byzantine Fault Tolerance (BFT, 拜占庭容錯演算法)：拜占庭容錯問題主要描述分散式網路節點通訊的容錯問題。從 20 世紀 80 年代起，提出了很多解決該問題的演算法，這類演算法被統稱為 BFT 演算法。區塊鏈中的應用則是希望所有節點共同工作，透過協商的方式來產生能被所有(誠實)節點認可的區塊。
5. Cryptocurrency(加密貨幣)：加密貨幣是具有貨幣價值的數位儲存，例如比特幣或萊特幣，其主要用途是買賣商品，服務或財產。加密貨幣採用加密技術進行保護，以防偽造，並且通常不由任何中央機構發行或控制。加密貨幣可以稱為令牌或硬幣。
6. DApps(分散式應用程式)：DApp 是分散式應用程式或分散式網路上存在的應用程式。通常應用在後端程式碼中的智慧合約，且常見於以太坊網路中。
7. Distributed ledger(分散式帳本)：分散式帳本是一種數據庫類型，分佈在多個網路節點、國家或機構中。記錄一個接一個地儲存在連續的帳本中。可以對分散式帳本數據認許或禁止，以控制誰可以查看它。
8. DLT(Distributed ledger technology 分散式帳本技術)：分散式帳本技術是一種數據庫或記錄系統，可以在網路成員之間共享，複製和同步。
9. Ethereum(以太坊)：以太坊是一個以區塊鏈技術為基礎的開放式軟體平台，使開發人員能夠編寫智慧合約並建構和部署去中心化應用程式。
10. Fork(分叉)：分叉會更改公共區塊鏈中的區塊鏈數據。

11. Hyperledger(超級帳本)：是由 Linux 基金會發起的大型開放源碼區塊鏈計畫。
12. Immutable(不可改變的)：儲存在區塊鏈中的"無法更改"數據，而不能被更改是即使管理者也無法更改。
13. Mining(挖礦)：挖礦是驗證交易並將其添加到區塊鏈的過程。使用運算硬體解決加密問題的過程也觸發了加密貨幣的發布。
14. Node(節點)：節點是連接到區塊鏈網路的任何電腦。
15. Permissioned ledger(許可制帳本)：許可制帳本是指行為者(例如政府部門或銀行)必須有權訪問帳本。許可制帳本可能有一個或多個所有者。添加新記錄時，將通過有限的共識流程來檢查帳本的完整性。這是由受信任的參與者執行的，這使得維護共享記錄比非許可制帳本使用的共識過程要簡單得多，大多用於私有鏈或聯盟鏈中。
16. Ripple(Ripple Credit; XRP 瑞波幣)：是一種相對中心化、可全球支付的電子加密貨幣。是由 OpenCoin 公司發行的虛擬貨幣，是世界上第一個開放的支付網路，通過這個支付網路可以轉帳任意一種貨幣，交易確認在幾秒以內完成，交易費用幾乎是零，沒有所謂的跨行異地以及跨國支付費用。
17. Smart contract(智慧合約)：智慧合約使用電腦語言而非法律語言記錄的條款。可由諸如合適的分散式帳本系統之類的電腦系統自動執行。
18. Unpermissioned ledger(非許可制帳本)：比特幣之類的公有鏈就是採用非許可制帳本，即是沒有單一所有者，實際上，它們不能被擁有。非許可制帳本的目的是許可任何人向帳本提供數據，並使擁有帳本的每個人(節點)都具有相同的副本。

參考文獻

1. 國家發展委員會，智慧政府推動策略計畫，國家發展委員會，Editor. 2019.
2. 林谷陶，我國與日本推動智慧家庭數據應用環境政策比較研究. 2019.
3. Nick Allison, M.W., Applying Blockchain to product compliance and assurance in the construction industry. 2019, BRANZ.
4. Forum., W.E., **Building Block(chain)s for a Better Planet: Fourth Industrial Revolution for the Earth Series.**, in Fourth Industrial Revolution for the Earth Series. 2018/09, In collaboration with PwC and Stanford Woods Institute for the Environment.
5. 蔣勇、文延、嘉文，白話區塊鏈. 2018/10，台北：基峰資訊.
6. Vigna, P. and M. J. Casey, The Truth Machine: The Blockchain and the Future of Everything. 2018: St. Martin's Press.
7. 曲強，林.，區塊鏈+人工智慧 下一個改變世界的經濟新模式. 2019/04，北京：人民郵電出版社.
8. 楊永強，蔡.，劉雅卓，區塊鏈+大數據：突破瓶頸，開啟智慧新時代. 2019.5，北京：機械工業出版社.
9. 井底望天、武源文、趙國棟、劉文獻，區塊鏈與大數據：打造智慧經濟. 2018/04，台北：上奇時代.
10. Zakaria Dakhli, Z.L., Alan Mossman, The Potential of Blockchain in Building Construction. buildings, 5 April 2019. **2019, 9, 77.**
11. Balint Penzes, A.K., Chris Gage, Tamas Dravai, Mat Colmer, BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY_Digital Transformation for High Productivity. ice Institution of civil Engineers, December 2018.
12. Ganne, E., Can Blockchain revolutionize international trade? 2018, World Trade Organization Geneva.
13. Emilio, M.D.P., IOTA 技術將如何改變物聯網設計？, in 電子工程. 2020/01/16.
14. DIGI+小組. 區塊鏈技術可能改造13個行業. 107/01/14; Available from: <https://digi.ey.gov.tw/Page/1538F8CF7474AB4E/42eb9f42-ee0d-439e-843d-753471e4f6c5>.
15. 陳怡慈，全台首例！中信區塊鏈信用狀交易開通，in 經濟日報. 2019/10/23：台北.
16. 葉憶如，北富銀國內首宗區塊鏈入沙盒 估年底前測試上市，in 經濟日報. 2019/10/07.

17. 劉佩呈, 保險業打造保全理賠聯盟鏈 7/1 起保戶辦理更方便, in 中央社. 2020/06/30.
18. 李佳翰, 微軟推智財權管理區塊鏈解決方案, in DIGITIMES. 2018/07/02.
19. 江明晏, 全球首例 原住民藝術品導入區塊鏈認證, in 中央社. 2019/07/25.
20. 楊明仁. 運用區塊鏈技術, 原來數位藝術交易可以變這麼簡單. 2016/12/28 Available from: <https://blog.tibame.com/?p=2638>.
21. 孫智麗, 魏于翔, and 譚中岳, 建構食品安全農食鏈體系及區塊鏈技術之應用. 臺灣經濟研究月刊, 2019. 42(3): p. 22-31.
22. 孙志国 and 中. 农. 北. 100081, 区块链、物联网与智慧农业. 农业展望, 2017(2017年12): p. 72-74.
23. 汪秀玲, et al., 區塊鏈應用在健康照護是趨勢或炒作. 臺灣醫界, 2019. 62(3): p. 44-51.
24. Don Tapscott, R. V. V. 侯., How Blockchain Will Change Construction(區塊鏈即將改變營造業). 哈佛商業評論(HBR), 2019/8/29
25. 林庠序, 群力角度下防救災資訊平台上之區塊鏈技術特徵與導入適宜性探討. 中華技術, 2018/10/01. 120.
26. 翁芊儒. 建案營造商跳票糾紛如何究責? 台灣世曦找區塊鏈新創聯手實驗工程治理新作法. 2020/02/19; Available from: <https://www.ithome.com.tw/news/135835>.
27. 日本積水建設不動產區塊鏈應用. BUILT buliding x IT, 2019/10/17.
28. Chew, A. Blockchain in construction - it' s all about data, trust and productivity. 06 May 2019; Available from: <https://corrs.com.au/insights/blockchain-in-construction-its-all-about-data-trust-and-productivity>.