

根基於零知識之綠電NFT電證合一與發電量驗證機制研究

Research on Zero-Knowledge Green Energy NFT Electric Certificate Integration with Electricity Generation Verification Mechanism

2025/08/22

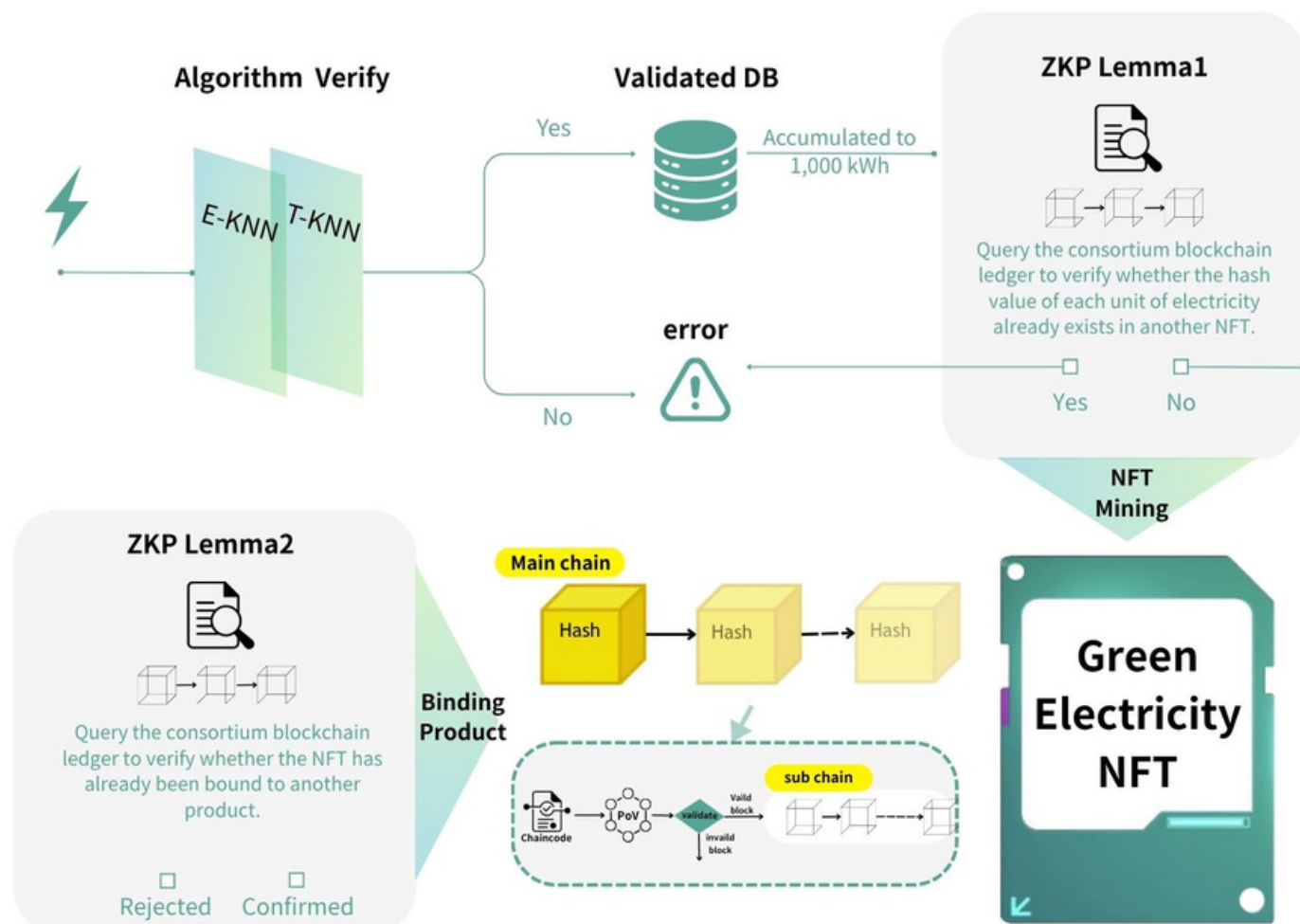
緒論

於2017年修訂《電業法》，結束台灣電力公司對電力市場的長期壟斷，允許企業和民眾自行發電、銷售電力和提供電力相關服務。而透過中心化機構核發憑證淺藏以下三種問題：

- 透過中心機構核發綠電憑證，人為操作產生誤差誤將影響發行憑證的**準確性**
- 發行綠電憑證若沒有溯源的機制，便會影響到這張綠電憑證的**可信度**
- 當綠電憑證出現**仿冒問題**，消費者往往無從識別得到可信的證明

解決方案

本研究提出多因子 KNN 演算法架構，即時驗證太陽能板發電數據，確保發電量合理性與憑證真實性。系統針對每度電與每秒發電量進行「度數細化」與「時間細化」驗證，經驗證合格的發電量累積達千度時，自動鑄造唯一且可追溯的綠電 NFT 憑證，結合零知識證明與區塊鏈防止重複與篡改。



研究目的

- 透過相關KNN演算法驗證綠電NFT憑證發電量是否合理
- 提出去中心化零知識證明改善綠電NFT憑證在產生前重複計算與綁定商品後電量重疊的問題
- 透過Hyperledger Fabric聯盟鏈和PoV共識機制框架，綠電NFT憑證可以改善即時對證

實驗模擬與結果分析

實驗模擬上，抓取Codis公開天氣資料地區為新北市2023年1月1日至2024年12月31日天氣資料，對應的發電量數據為國立台北大學三峽校區行政大樓屋頂太陽能板，建立發電情境資料集。



比較T-KNN與T-KNN-fs分別過濾15天或30天的錯誤率與f1-score

比較E-KNN與E-KNN-fs分別過濾15天或30天的錯誤率與f1-score

最後挑選最佳T-KNN過濾30天與E-KNN過濾15天進行下一階段的比較

結論與研究貢獻

- 透過即時感測器蒐集太陽能板發電過程中的各項天氣與環境資料
- 提出去中心化零知識證明改善綠電NFT憑證在產生前重複計算與綁定商品後電量重疊的問題
- 透過本研究提出的演算法驗證天氣變化快速下的發電量是否合理，才能作為憑證中的電。

學術貢獻

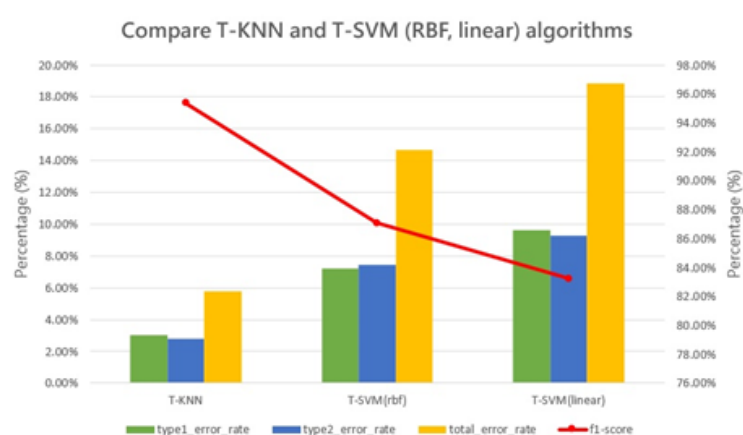
- 去中心化識別綠電來源
- 細化時間與發電量透過多因子KNN演算法應用於發電量合理性驗證
- 結合零知識證明於綠電NFT憑證驗證

實務貢獻

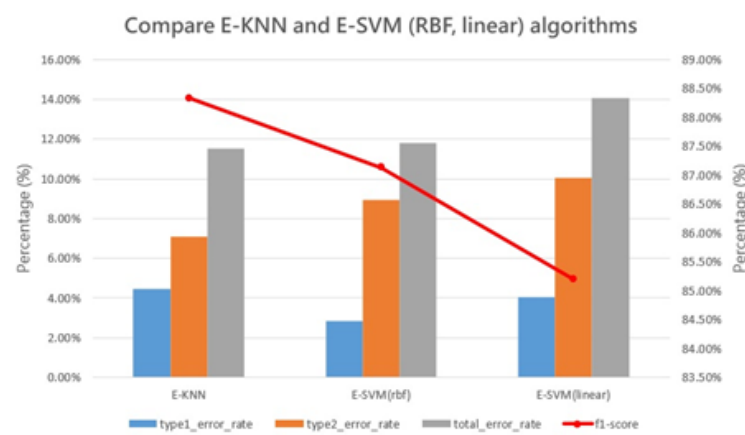
- 提供購買綠電NFT憑證的買家擁有追溯綠電來源的權利，在交易過程中達到即時對證
- 強化綠電市場交易信任

實驗模擬與結果分析

將T-KNN與E-KNN分別與SVM(線性與非線性)進行比較



從實驗結果發現，T-KNN相較與T-SVM(rbf、linear)更能特別對於環境劇烈波動的情境有更敏感的辨識能力，有助於減少錯誤判斷的機率。



E-KNN 更適合判斷每度電花費時間的合理性，相較於E-SVM(rbf)雖能處理部分非線性特徵但表現仍略遜，而 E-SVM(linear)因受限於線性邊界，錯誤率則顯著偏高。

| WRITTEN BY



WEN, YEAN-FU PH.D.



CHU, CHE-HUNG M.S.

關鍵詞：綠電憑證、去中心化、NFT、零知識證明、聯盟鏈