

臺灣期貨交易所 111 年度研究報告提要表		填表人：郭建邦 填表日期：111 年 12 月 6 日	
研究項目	超低延遲交易系統技術導入之可行性研究		
研究單位及人員	臺灣期貨交易所 郭建邦	研究時間	民國 111 年 1 月 1 日至民國 111 年 12 月 6 日止
報 告 內 容 提 要			
<p>壹、 研究內容重點</p> <p>本研究採用文獻研究法與個案研究法進行蒐集、整理分析最新硬體、軟體與網路發展趨勢及歐美尖端交易所應用情形，整理如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 硬體設計發展趨勢：使用智慧網卡實現 CPU 運算能力卸載，其中 FPGA 架構智慧網卡尤其適合金融領域相關應用。 (2) 網路設計發展趨勢：近年因乙太網路的傳輸效率、頻寬增長與可靠性逐漸趨近 InfiniBand，愈來愈多企業開始重新評估乙太網路搭配 RoCE v2 架構的解決方案。 (3) 軟體設計發展趨勢：高效能運算軟體設計有三個重點：善用 NUMA 架構有效利用 CPU 與記憶體資源、選擇合適的資料結構與演算法，以及謹慎使用多執行緒架構；高可用性架構通常為系統延遲與效能考量，鮮少採用本公司現行使用的即時同步機制(Real Synchrony)。 (4) 德國交易所技術導入現況：T7 支援多種資產類型與水平擴充功能，整併 Gateway、撮合引擎模組於單一元件以達最佳系統延遲。 (5) 紐約證交所技術導入現況：NYSE Pillar 支援多種資產類型與水平擴充，每隻應用程式僅有單一執行緒並搭配綁定特定 isolated CPU 核心以達最佳效能。 (6) 系統可預測性：歐美交易所除致力於降低系統延遲，更強調系統延遲一致性與系統可預測性。 <p>針對前揭議題分述技術導入可行性，摘要如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 智慧網卡導入可行性：現階段導入 FPGA 智慧網卡將面臨技術門檻與人才取得困難的境況，客觀條件仍不夠成熟。 (2) RoCE v2 網路架構導入可行性：RoCE v2 發展態勢尚未完全明朗，宜持續觀察先進交易所轉換採用 RoCE v2 的進程，再適時深入探究導入可行性。 (3) 軟體設計導入可行性分述如下： <ol style="list-style-type: none"> A. 本公司使用之 Hash Table 搭配獨家設計 hash function 的效能，並不遜於實作 Robin Hood Hash 的高效能 Hash Table。 B. 導入 NUMA 管理工具(numactl)以有效管理 CPU 與記憶體資源具備可行性。 			

C. Gateway 導入現代化的 I/O 事件通知機制(edge-triggered epoll)以落實謹慎使用多執行緒之主流趨勢具可行性。

D. 導入虛擬同步機制以提升撮合引擎效能具備可行性。

貳、 主要發現或結論

全球的交易所在追求超低延遲的委託反應速度之餘，重新檢視交易系統的穩定度與可預測性，主流發展趨勢不再是追求最極致的委託反應速度，反而對委託反應速度一致性的品質要求更為嚴格。比較與歐美尖端交易所交易系統架構之優缺點，本公司交易系統首重穩定性，雖然超低延遲技術相關應用(如智慧網卡、CPU 卸載、RDMA 高速網路與虛擬同步的高可用性架構)皆有試圖瞭解暨執行小範圍概念驗證測試，但考量本地廠商技術支援能量尚不足，難以控制後續維運風險，在系統穩定策略前提下尚不急於導入。

參、 結論與建議

本公司交易系統的系統延遲表現尚無法比肩歐美尖端交易所，但系統可靠度因完整的容錯架構設計而略勝一籌，在亞洲市場已具競爭力，惟仍需持續不斷分析國際交易系統發展趨勢，因應國際趨勢擬定交易系統發展策略，並且持續不斷更新交易系統，在容量、安全及速度上再度提升，以維持國際競爭力。

本研究單純考量技術可行性有如下建議：

- (1) 撮合引擎導入虛擬同步機制：建議參考德國交易所技術經驗，於撮合引擎引進虛擬同步機制，降低系統延遲與提升效能一致性。
- (2) 簡化 Gateway 多執行緒程式架構：建議參考紐約證交所技術經驗，於 Gateway 導入 edge-triggered epoll 架構，落實謹慎使用多執行緒架構之主流趨勢。
- (3) 持續關注 CPU Offloading 技術發展：使用智慧網卡或其它硬體加速機制卸載 CPU 運算能力以提升系統延遲可預測性已是當前主流趨勢，雖合適人才取得困難，仍建議持續關注 CPU Offloading 相關技術發展。
- (4) 擇時評估 RoCE v2 網路架構：RoCE v2 與 EnterpriseOnLoad 機制同屬乙太網路，較能掌握架構切換所需學習曲線與技術門檻，倘能獲知歐美尖端交易所導入 RoCE v2 相關應用與時程，應適時深入評估導入可行性，確保選用之技術架構不會被市場淘汰。