

計畫主持人：金仲達教授

單位：國立清華大學

共同主持人：吳誠文教授、張禎元教授、劉靖家教授、黃稚存教授、朱宏國教授

計畫背景

- 服務型機器人成為未來趨勢：
 - 適用於醫療、看護、教育與娛樂等各式各樣的服務
- 挑戰：快速開發優質機器人應用
 - 高自由度的機械手與臂 → 高複雜機器人操控
 - 在多變的環境中運作 → 需多樣感測器辨識情境，以即時反應
- 應用程式開發困難
- 解決方案：系統化、自動化的機器人應用開發流程
- 總計畫目標：
 - 透過AI晶片及專家示範，讓靈巧雙手機器人在面對複雜非特定情境下能即時自我調適並完成任務
 - 1. 擬人雙手機器人：觸感回饋、細緻動作
 - 2. 機器人AI訓練平台：模仿學習、技能移轉、虛擬訓練、應用開發
 - 3. AI晶片及開發環境：機電虛實整合開發設計平台



應用程式開發困難

擬人雙手機器人平台

七軸擬人機械手臂

- 冗餘自由度運動學
- 七軸避障演算法
- 驗證AI模型示範機

機器人視覺系統

- 深度影像攝影機
- 擴增視野旋轉平台

線驅式自適應擬人手 陣列式三維壓力感測器

自適應控制容易且用途廣泛

提供指尖陣列式三維壓力資料

專家資料收集與訓練平台

基於專家示範之機械手臂訓練平台

- 由專家示範到虛擬環境中模仿學習之完整流程
- 虛擬與實體機械手臂的設計與參數一致

同步控制 記錄

Webots AI控制模型 模仿學習

電子系統與機械系統共同設計平台

AI控制模型 → TVM-based AI軟體編譯器 → AI控制程式碼

AI電子系統模擬平台 (Ctrl, Mem) ↔ PEs ↔ 機械手臂虛擬平台

物件辨識類神經網路運算晶片

Convolutional SNN Inference Chip

- 基於脈衝神經網路
 - 單位元權重網路
 - 針對模型參數設計之脈動陣列架構
-

Time-Domain Convolutional SNN Inference Chip

- 利用訊號頻率與相位等物理量提供神經網路運算
 - 僅需求 1-Bit TDC 並降低運算功率消耗
-

Scalable Convolutional SNN Learning Chip

- 支援空間-時間反向傳播 (STBP) 訓練演算法
 - 可擴展之晶片架構可支援不同結構的神經網路
-

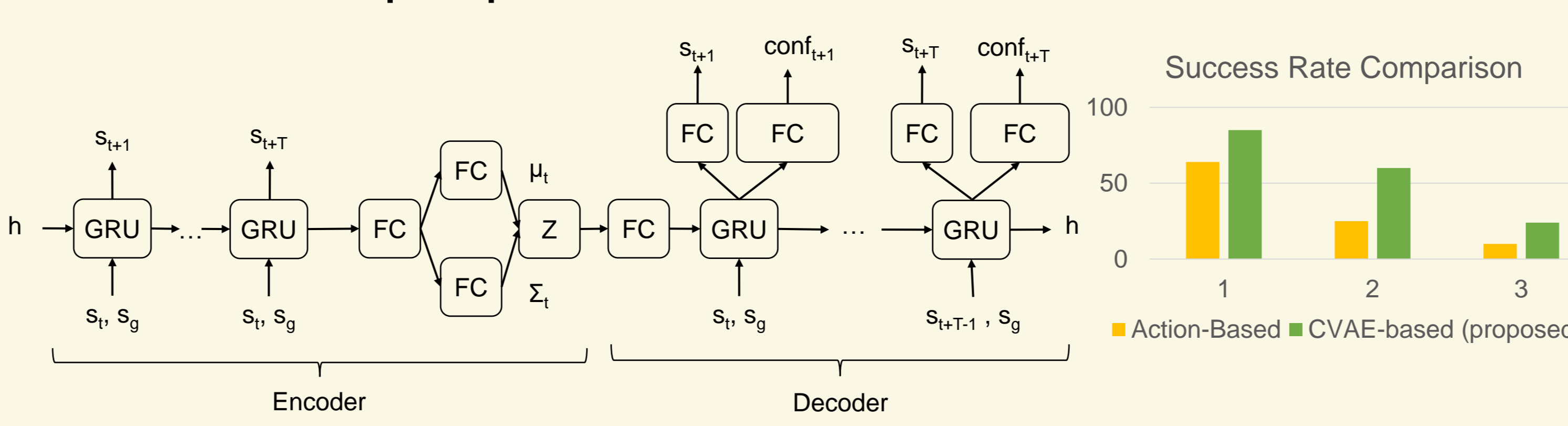
RRAM-Based Convolutional SNN Inference Chip

- 使用憶阻器實現突觸，類比電路實現神經元
 - 提出串聯多個憶阻器的突觸結構，提升運算能源效率
-

雙手機器手臂長期任務決策之AI模型

- 建置新型態CVAE-Seq2Seq模型
- 可抽象化手臂長期任務軌跡，並利用變異參數產生多重任務軌跡，避免細部動作規劃效能問題，可大幅提昇任務決策效率
- 提供手臂長期任務避障、多手臂或人機協同合作、最短路徑規劃等應用基礎
- 避障任務可完成全部計劃手臂測試項目

CVAE-Seq2Seq模型



DNN軟硬體加速SOC平台與FPGA雛形

- 建置虛擬ESL環境並配合AI編譯器，可快速開發軟體應用，包括DNN模型訓練、機械手臂虛實整合模擬控制，並以此評估系統效能及硬體架構參數如Quantization之效率
- 改善軟硬體資料傳輸介面，相較原有ESP設計快100倍以上
- 基於高階合成HLS技術，將手臂避障控制DNN模型轉為RTL實體加速器設計，並建置FPGA雛形，進行軟硬體協同設計

