主軸5-2

陣列感測光達之智慧三維感測影像處理系統

黃元豪教授 吳孟奇教授 林凡異教授 謝秉璇教授 邱瀞德教授 黃朝宗教授
國立清華大學 電機工程學系/資訊工程學系/電子工程研究所/光電工程研究所/通訊工程研究所/積體電路設計技術中心

計畫介紹

陣列感測光達之智慧三維影像處理系統，透過混沌光達高精準度測距與智慧影像處理建立AR/VR系統中高浸潤度的三度空間影像。其中陣列雪崩式光偵測器與飛行時間偵測器可大幅增進深度精準度；高效能卷積神經網路處理器具高運算能力、高能量效率、低DRAM頻寬之卷積神經網路運算，可實現融合深度與影像之高準確率之輕量辨識神經網路。

總體目標

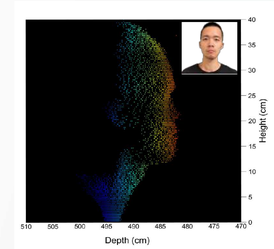
實現具智慧終端影像處理功能之Inside-Out AR/VR場景製作晶片系統，使用前瞻人眼保護光達系統與陣列APD感測器與高精準度深度感測與超高速率人工智慧晶片，提升人工智慧影像辨識精準度與速率。將成為國際間第一個結合智慧終端運算之光達處理晶片系統。

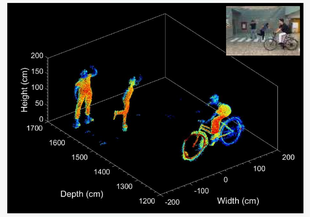
成果亮點

亮點一：混沌光達之RGB-D錄製與感測解調晶片系統

- **混沌光達系統**
  - Frame rate: 10 Hz
  - Throughput: 100 kHz
  - Range: 20 meter
  - FOV: 30 degree
  - Precision: 5 mm
- **APD+TIA+TOF 混沌光達解調晶片模組**
  - 4x4 APD array
  - Gain = 9.46 @ 95% Vb
  - Dark current: 18.4 nA
  - TIA bandwidth: 150 MHz
  - TIA gain: 50 dBohm
  - ToF sampling rate: 5 GS/s
  - TIA+ToF power: 133 mW

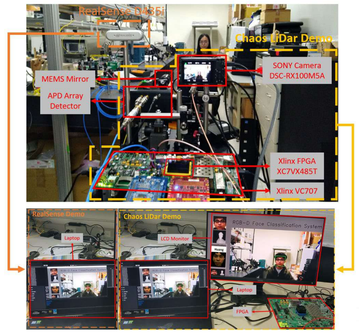
混沌光達系統



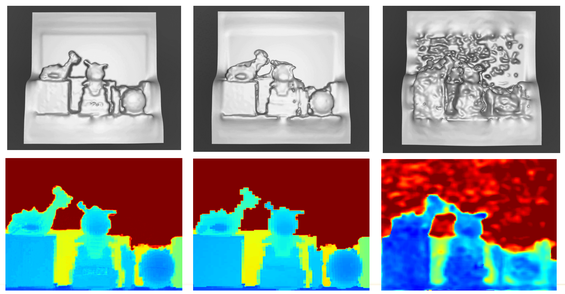


RGD-D場景錄製比較 (總體目標系統 vs 國際標竿RealSense)

抗遠距衰減與低亮度環境之人臉辨識即時展示比較

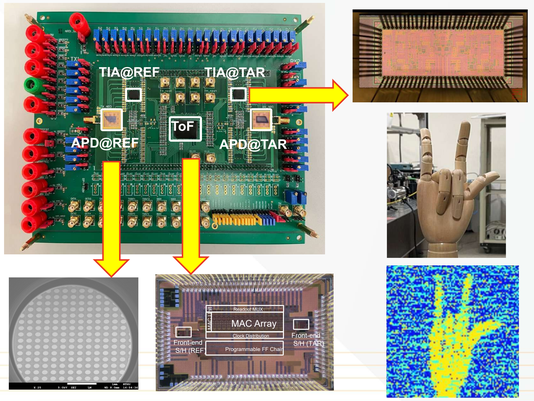


三維立體顯示比較



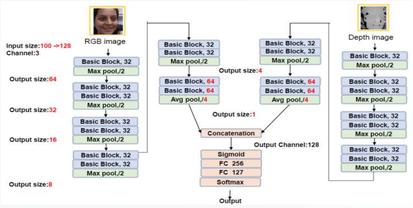
Chaos LiDAR @4.5m SRx4 eCNN-DJF | Chaos LiDAR @4.5m Bicubic Upsample | Intel RealSense D435i @2m

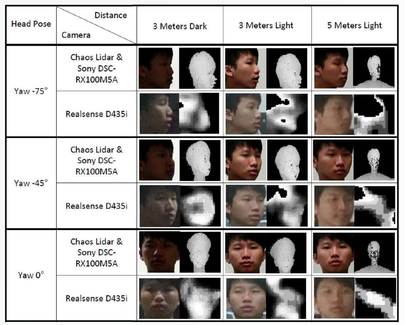
APD+TIA+TOF 混沌光達解調晶片模組

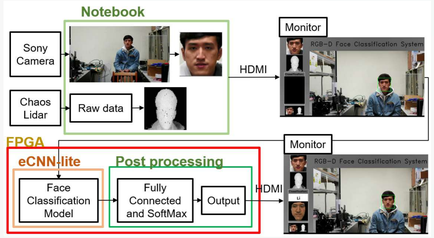


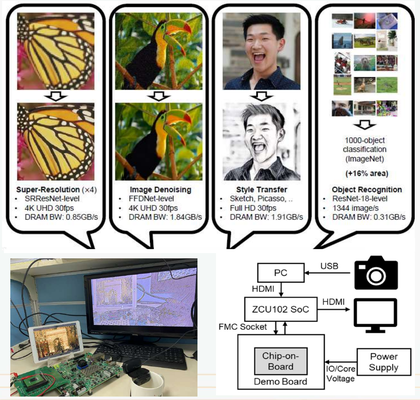
亮點二：融合混沌光達RGB-D辨識之人工智慧晶片系統

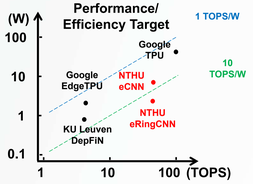
- **基於嵌入式卷積網路(eCNN)處理器之融合光達/影像人臉辨識**
  - Chaos-Lidar RGB-D人臉辨識：結合RGB與Chaos-Lidar 深度圖之人臉辨識演算法於eCNN-FPGA/Chip平台之實作 (98.53% average accuracy under 3m/4m/5m, 3m dark)
  - Chaos-Lidar FPGA平台、 eCNN處理器、IC與FPGA平台整合
- **4K UHD高畫質影像處理應用晶片:**
  - TOPS: 4.9 (intrinsic)/8.2 (sparse)
  - TOPS/W: 8.3 (intr.)/15.0 (sparse)
  - Application: SR, denoise, style transfer, dehazing, cartoonize, ...











計畫總體量化與質化成果

- 學術論文：期刊論文28篇 / 研討會論文34篇
- 專利：美國7件、中華民國7件 、大陸 6件
- 技轉金額：950萬元(共2件)
- 產學合作案：2297.5萬元(共7件)
- 參展獲獎：2021未來科技展(獎)
- 競賽獲獎：
  第二十一屆旺宏金矽獎優勝獎 (應用於混沌光達系統之飛行時間電路設計) (謝秉璇)
  2019 清華大學國際會議獲獎論文獎勵 (邱瀞德)
  2020 旺宏金矽獎 設計組 優勝 (黃朝宗)
  2021 旺宏金矽獎 優勝獎 (林凡異、謝秉璇)
  2021 光學設計達人賽 金牌獎 (林凡異)
  2021 澄德機電暨智慧創意實作競賽 亞軍 (林凡異、黃元豪)
  2020 晶鷹盃科技競賽 理論概念組 第一名 (林凡異)
  2020 晶鷹盃科技競賽 創意實作組 第三名 (林凡異)
  2020 光寶創新獎 技術組 銀賞 (林凡異)