

Introduction of ECC Lab

指導教授: 翁詠祿



Department of Electrical Engineering
National Tsing-Hua University, HsinChu, Taiwan

Outline

- 錯誤更正碼暨IC實作
- 通訊演算法暨IC實作
- 金融科技
- AI彩妝

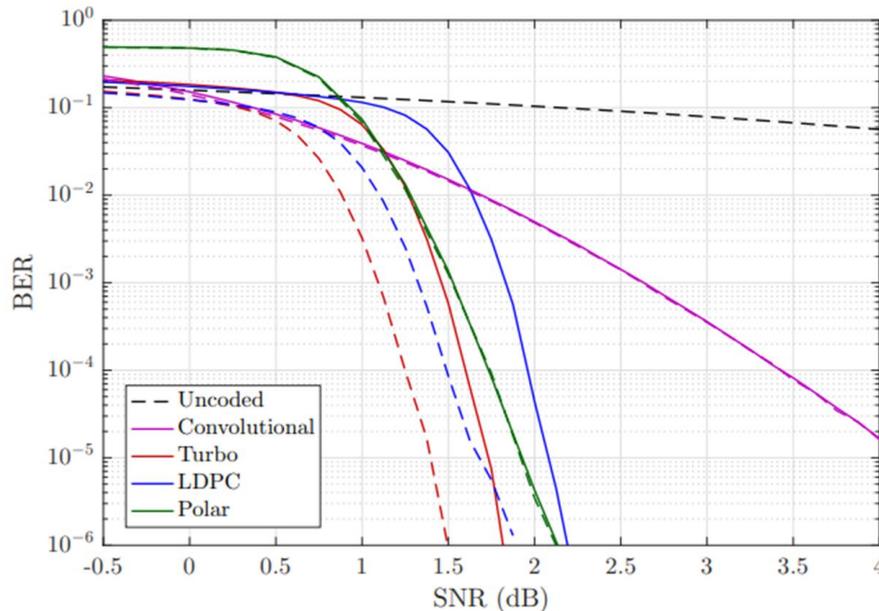
Outline

- 錯誤更正碼暨IC實作
 - 傳統錯誤更正碼
 - 量子錯誤更正碼
- 通訊演算法暨IC實作
- 金融科技
- AI彩妝

傳統錯誤更正碼

❑ 錯誤更正碼:

- 資訊傳遞過程中會受到雜訊干擾而導致錯誤發生
- 在傳送前將資料進行通道編碼可使其產生特定數學結構，收到後便可修正傳送中發生的錯誤
- 通道編碼可以提高傳輸中的容錯率，使其在相同SNR下可傳送的資訊量大幅提升，提升傳送效率

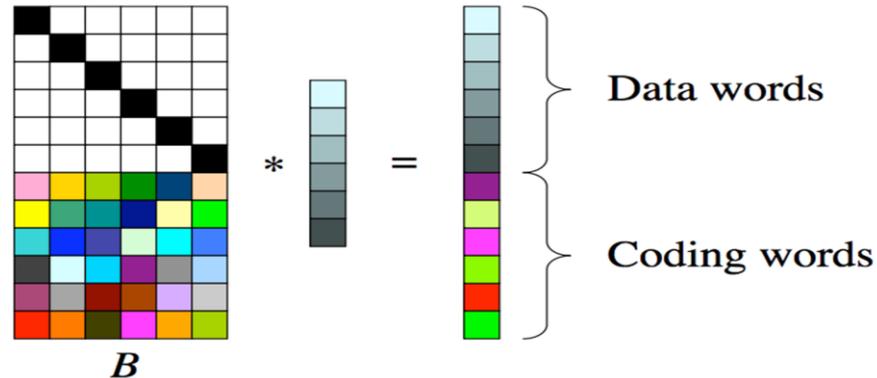


相同SNR下，沒有經過編碼的錯誤率明顯大於有編碼的，隨著SNR增大，這樣的狀況越發明顯

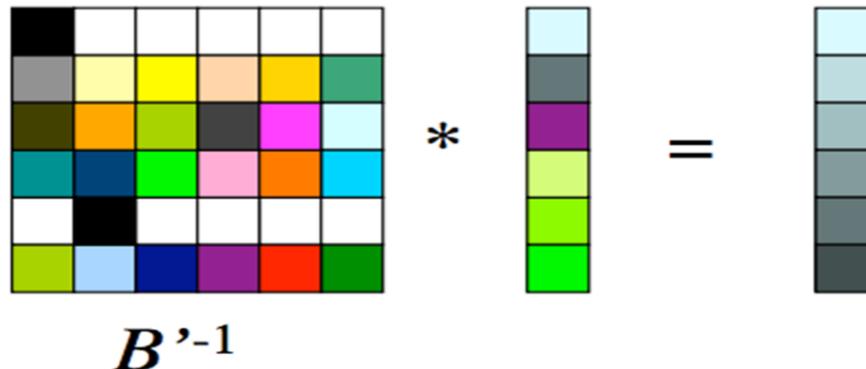
傳統錯誤更正碼

□ 例子:

- 傳送前，我們將要傳送的資料用B-matrix編碼



- 收到後，我們取其中一部分以及其相對應column的反矩陣做解碼，即可解回原本的訊息



傳統錯誤更正碼

□ 常用的編碼技術:

- Turbo code(3G/4G mobile communications)
- LDPC code(4G/5G mobile communications)
- Polar code(5G mobile communications)

□ Lab主要研究方向:

- LDPC coding and IC design
- Polar coding and IC design

Outline

- ❑ 錯誤更正碼

 - 傳統錯誤更正碼

 - 量子錯誤更正碼

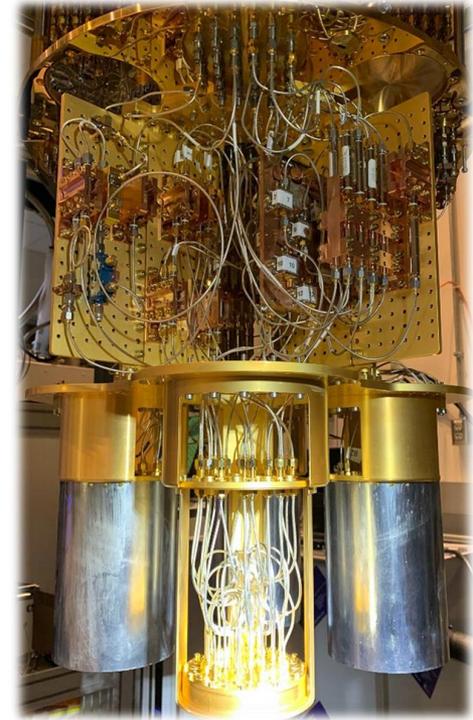
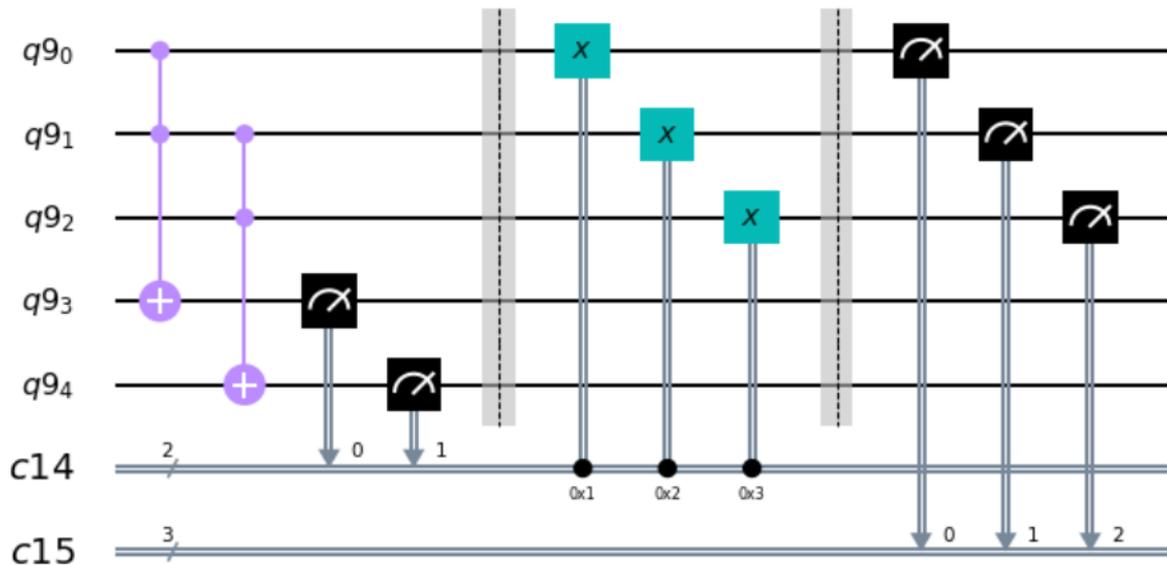
- ❑ 通訊演算法

- ❑ 金融科技

- ❑ AI彩妝

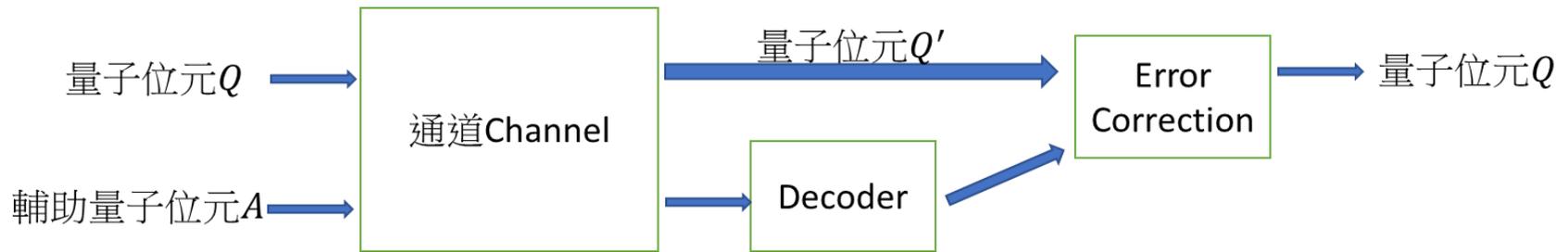
量子錯誤更正碼

- 被譽為下個世代運算工具的量子電腦，因其量子疊加和量子糾纏的特性，擁有比現今電腦還快的運算速度。
- 惟現今量子電腦中的量子位元數還不足以實現其強大的運算能力，且量子傳遞的過程中，容易因環境擾動，產生比傳統位元更高的錯誤率



量子錯誤更正碼

- 量子錯誤更正碼即對量子位元進行編碼，使其經過傳輸過程的通道干擾後，仍可以在接收端正確解碼出原本的量子位元。



- 目前實驗室對於量子錯誤更正碼之研究的方向：
 - 基於實驗室在傳統碼上所研發的技術，加以改良並開發至量子碼，降低現有量子碼的錯誤率。
 - 發展量子錯誤更正碼編解碼電路

Outline

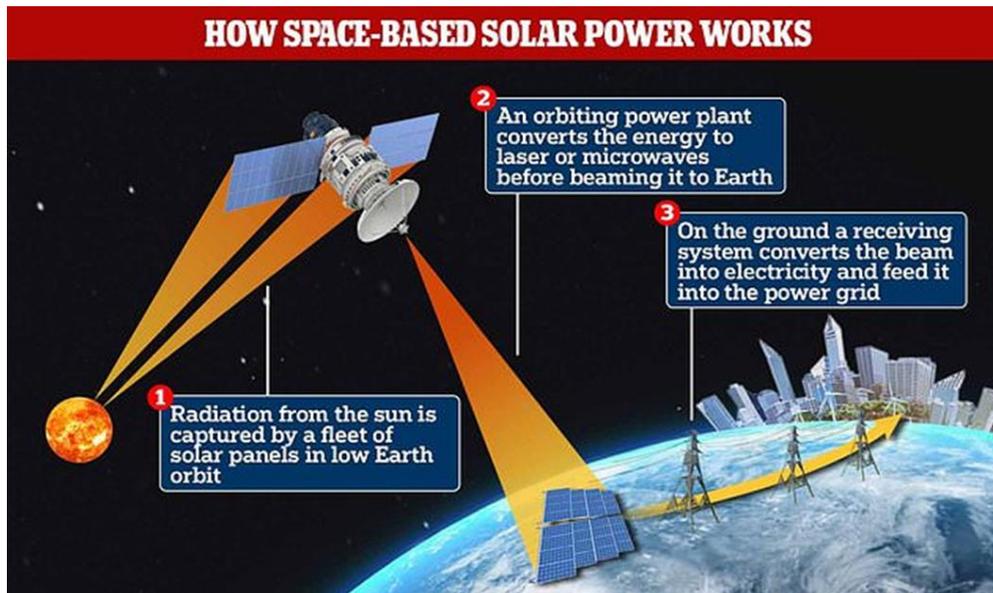
- ❑ 錯誤更正碼暨IC實作
- ❑ 通訊演算法暨IC實作
 - 6G: 低軌道衛星通訊
 - MIMO Detection
- ❑ 金融科技
- ❑ AI彩妝

低軌道衛星通訊

- ❑ 低軌道衛星(Low-earth-orbit Satellite)是第六代無線通訊標準(the sixth generation, 6G)中的關鍵環節之一。
- ❑ SpaceX(StarLink), Amazon(Project Kuiper), Oneweb等等公司積極投入相關衛星系統的開發。
- ❑ 有別於地球同步軌道(GEO)，中軌道衛星(MEO)，LEO衛星的軌道特性可實現高吞吐量、低延遲的可靠通訊方案。
- ❑ LEO衛星單位成本低，透過多衛星可達成廣域覆蓋的全球通訊網路。

低軌道衛星通訊

- 為了讓基頻訊號能實現遠距離傳輸，且適用於衛星傳輸的通道限制(功率與頻寬)，了解如何在這些資源進行權衡，這是低軌衛星通訊重要的考量。
- 功率的決定會影響衛星的質量與地面站的大小；而頻寬會受到法規的限制。目標是以最低的成本提供最大的通道容量，取得最佳的權衡。



<http://celex.s205.xrea.com/china-plans-to-launch-a-fleet-of-mile-long-solar-panels-into-space/?lang=it>

低軌道衛星通訊

□ 毫米波多輸入-輸出系統(mmWave MIMO system):

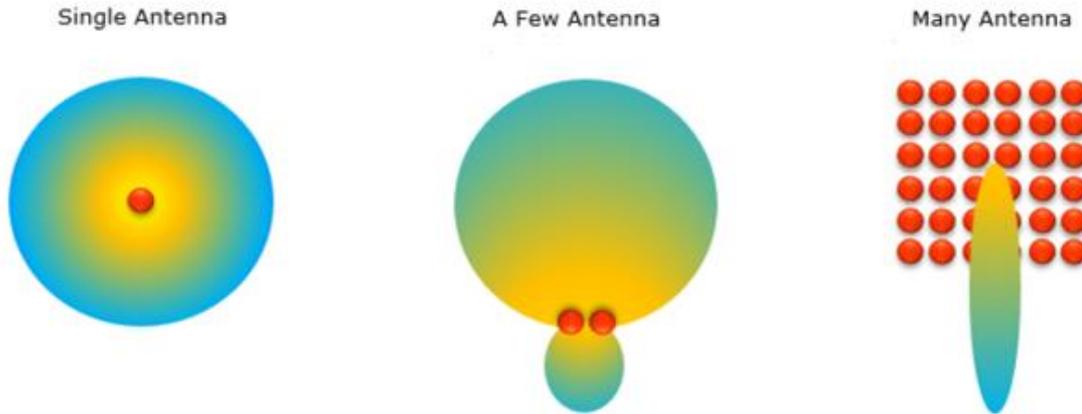
- 在衛星-地面通訊會有嚴重之路徑損耗，傳統以固定式之高增益指向天線，滿足通訊之鏈路預算(Link Budget)以達成可靠傳輸。

□ 波束成形(Beamforming):

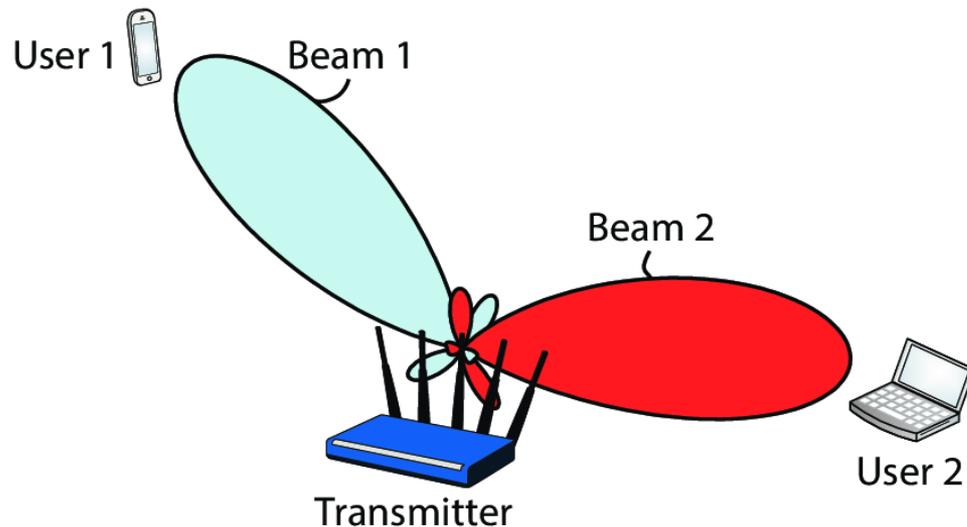
- 為克服LEO衛星與地面端相對的高速運動下，移動應用所需的靈活性，結合mmWave天線陣列的結構，達到高指向性的效果以提升頻譜效率。
- Beamforming可運用不同的波束指向，於多使用者多輸入-輸出(Multi-user MIMO, MU-MIMO)系統中，減少使用者之間的相互干擾。

低軌道衛星通訊

□ 單天線，多天線陣列：

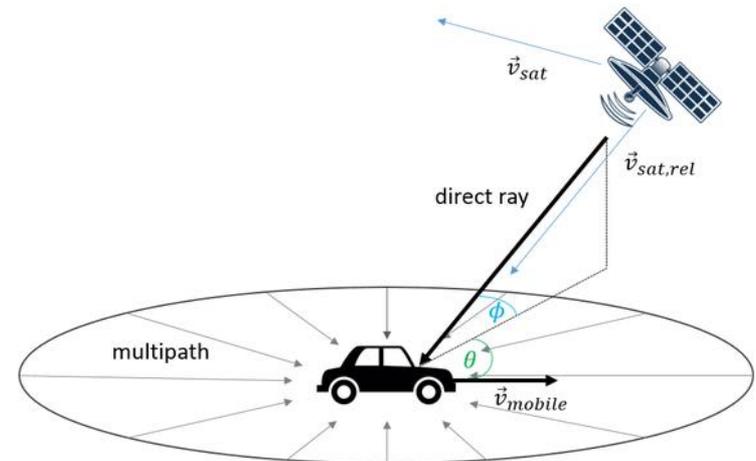


□ 波束成型技術：



衛星通訊-頻率偏移校正

- 當傳送端和接收端的振盪器不匹配時，就會產生頻率偏移，或是傳送端與接收端在移動時也會有杜普勒效應，這就是LEO衛星通訊面臨的問題之一，嚴重的杜普勒頻偏。
 - 低軌道衛星的移動方向每次都與地面地球自轉的角度有差異，若移動的方向彼此相反會產生最大杜普勒效應 $\Delta f = \frac{2\Delta v}{c} f_0$
 - 若未採取適用於LEO的修正載波頻率偏移(Carrier Frequency Offset)技術，將會使得整體錯誤率急遽升高。



https://www.wikiwand.com/en/Doppler_effect

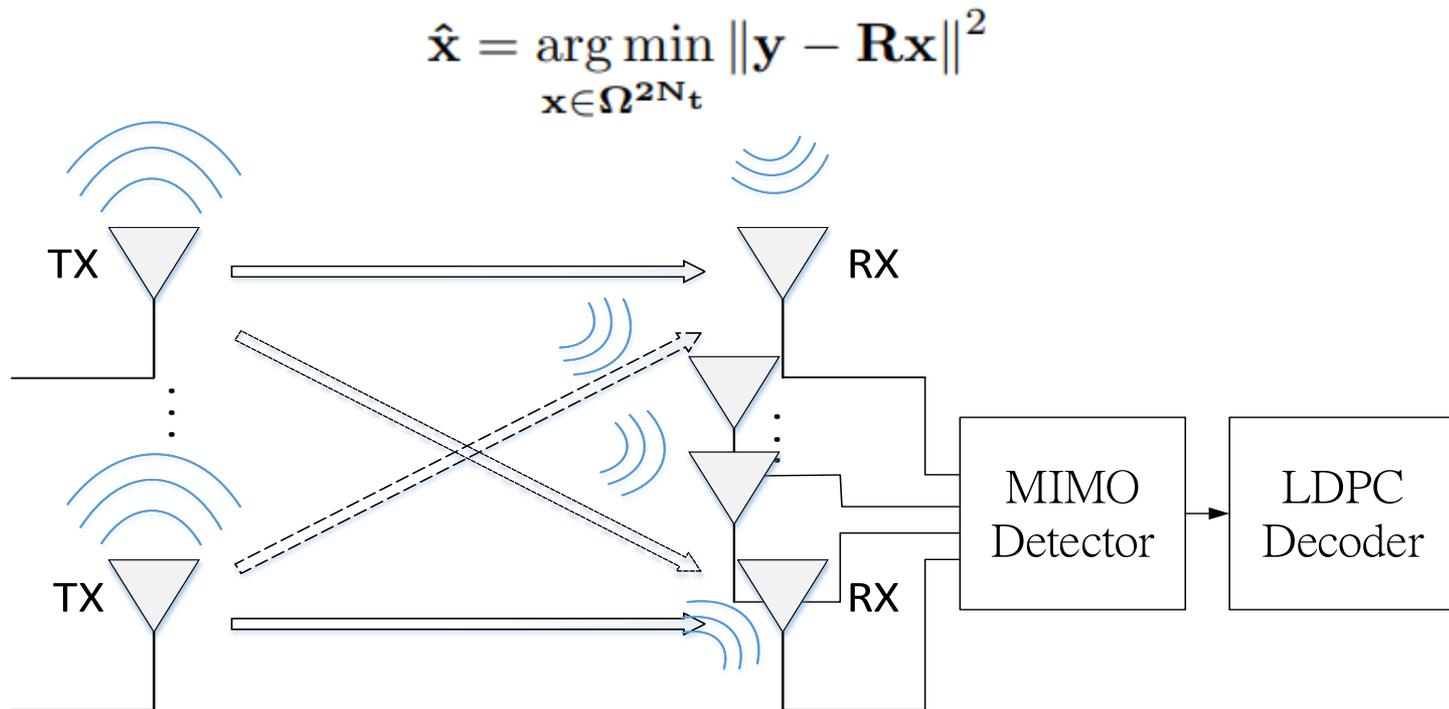
衛星通訊

□ 實驗室研究方向:

- 適用於低軌道衛星系統之低複雜度波束成型技術。
- 迭代頻偏檢測與解碼對抗高雜訊應用。
- 適用於低軌道衛星通訊之高速同步估測與補償。
- 低軌道衛星系統之高可靠解碼器設計。

Massive MIMO檢測

- 新世代無線通信系統，如: WiFi 6、5G NR，主打高吞吐量和低延遲傳輸，其特色在於具有更高的星座圖大小和更多的天線數量。



Massive MIMO檢測

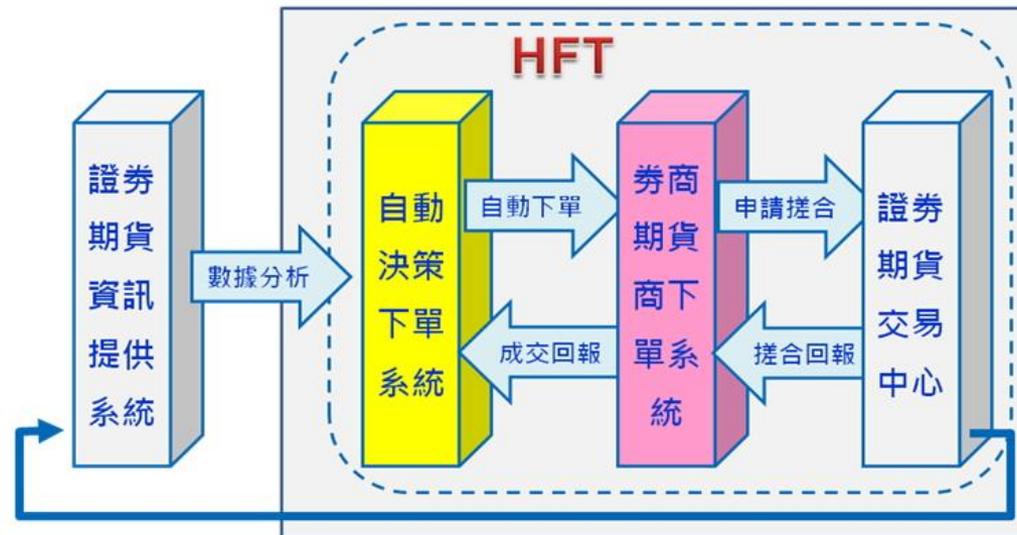
- 大尺寸的檢測器設計中，首要考量的是隨著尺寸增長而指數成長的複雜度。
- 我們實驗室的主要研究方向
 - 大星座圖尺寸的星座點搜索複雜度的化簡。
 - 結合檢測器與解碼器的綜合設計，以提升整體系統效能。

Outline

- 錯誤更正碼
- 通訊演算法
- 金融科技
 - 高頻交易
 - 股市指數預測
- AI彩妝

高頻交易

- 高頻交易(High Frequency Trading) 是一種透過低延遲的演算法交易，在極為短暫的市場變化中尋求獲利。
 - 簡單來說，在一般散戶買股票前，利用**低延遲**特性先購買，再比原先些許高的價格賣給一般散戶，從中進行套利。(賣情況相同)
 - **最終散戶是購買到高頻交易後的價格而非原先看到的價格。**
 - 近幾年，高頻交易從先前的50-100毫秒等級轉化成5微秒的競爭速度。



Source: http://www.phitech.com.tw/news/?news_id=506

高頻交易

- 台灣證交所在去年(2020)三月開始實施盤中逐筆交易，從原先要每五秒才成交的限制，改為只要每筆單子進來就可以立即搓合。
 - 立即搓合也就是隨到隨搓，成交速度比現行的集合競價快非常多
- 傳統方法因延遲不夠低，所以近幾年加入FPGA輔助進行交易。[1]

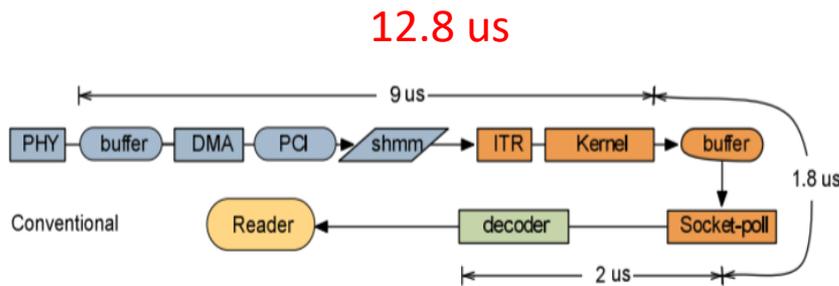


Figure 9. Latency of a the Baseline System

Standard NIC

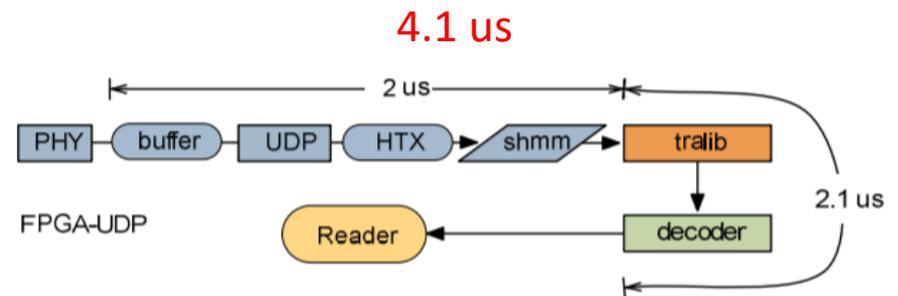


Figure 10. Latency with Kernel Bypass

FPGA + user space

高頻交易

□ 實驗室目前方向為透過 ML/DL 進行高頻交易的**交易決策**設計，並使用 FPGA 進行低延遲計算。

➤ FPGA: Xilinx Alveo U50LV

- 此卡使用於金融低延遲計算和機器學習相關應用。
- 可透過 Vitis 使用 pytorch/ caffe 將model直接放入FPGA
- 可透過 High Level Synthesis (HLS) 將C/C++/Python轉化成硬體語言在FPGA上使用。
- 也可自行設計硬體架構(Verilog)，讓演算法計算有更低的延遲。

□ 高頻交易的主題可自由選擇:

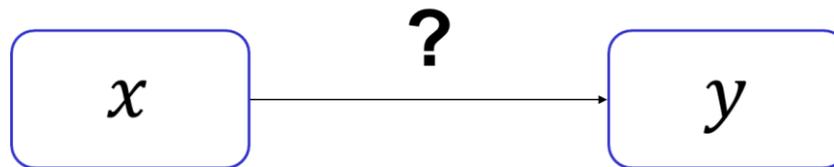
1. 台股、美股的特定檔股票...
2. 加密貨幣(比特幣、乙太幣、狗狗幣...)
3. 其他

Outline

- ❑ 錯誤更正碼
- ❑ 通訊演算法
- ❑ 金融科技
 - 高頻交易
 - 股市指數預測
- ❑ AI彩妝

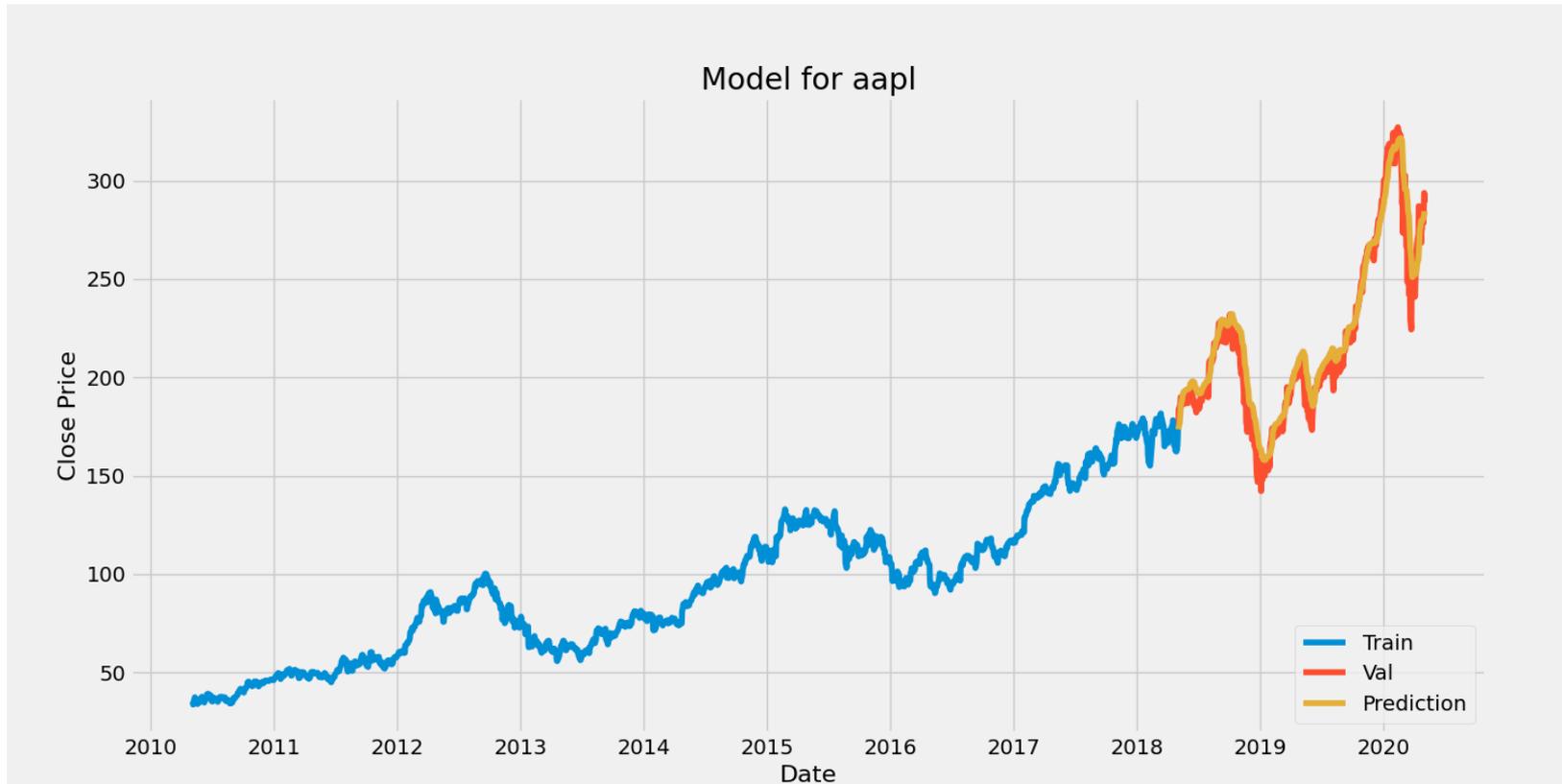
股市指數預測

- 收集過往的成交紀錄資料，利用機器學習分析其數據結構，以預測股市未來的走向，並根據結果給予投資參考。
- 機器學習：
 - 透過從過往的資料和經驗中學習並找到其運行規則，並依照該規則對新的資料進行處理。
 - 機器學習是如何預測未來？它透過以下的方式去進行訓練：
 - 它需要龐大的資料(用於訓練系統)
 - 從資料中訓練和學習
 - 根據步驟2所獲得的經驗，替未曾見過的新資料做分類，並推測它可能是什麼



股市指數預測

□ 例子:



<https://devpost.com/software/stock-portfolio-allocation>

股市指數預測

□ 實驗室研究方向:

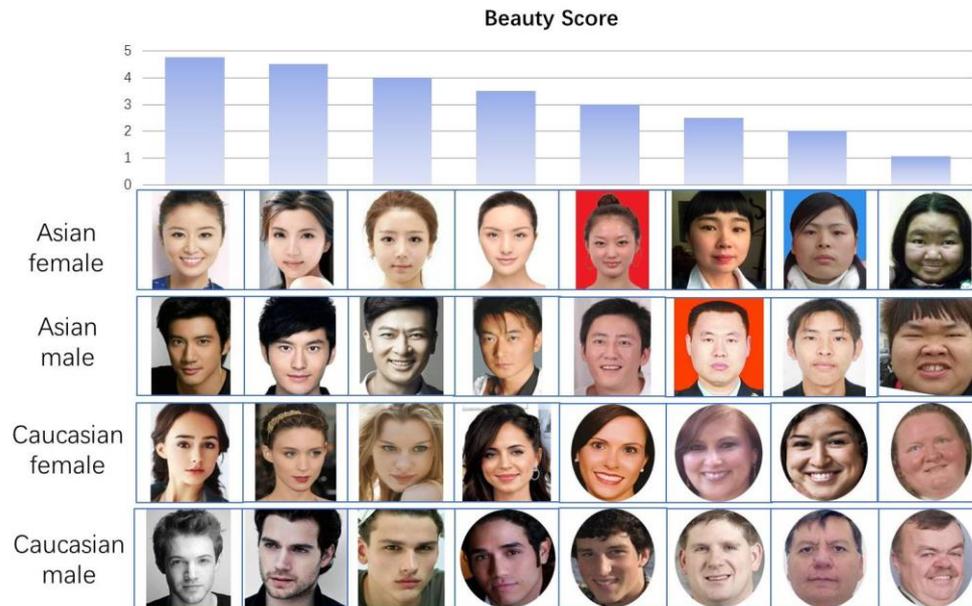
- 對金融數據的特徵萃取
- 預測模型設計
- 交易策略設計

Outline

- 錯誤更正碼
- 通訊演算法
- 金融科技
- AI彩妝

AI彩妝

- 面部美容預測（Facial beauty prediction, FBP）是吸引力評估的新興問題，其目的是使電腦對美觀的評估與人類意見一致。
 - 可以對“美”有個客觀的評分
 - 判斷化妝技術的優劣
 - 合成化妝後的結果，省去實際化妝的成本



AI彩妝

□ 該領域目前的瓶頸

- 雖然目前有準確度較高的模型，但並不保證該模型為最佳解。
- 資料集的缺乏對模型訓練有很大的影響。

□ 實驗室目前的研究方向:

- 結合及優化圖像辨識演算法，例如: SEResNext、Transfer Learning等技術，提升辨識準確度。
- 新增有相關性的分類任務，提升其泛用性。

Thank You