



2023「中技社科技獎學金」

2023 CTCI Foundation Science and Technology Scholarship

研究獎學金 Research Scholarship

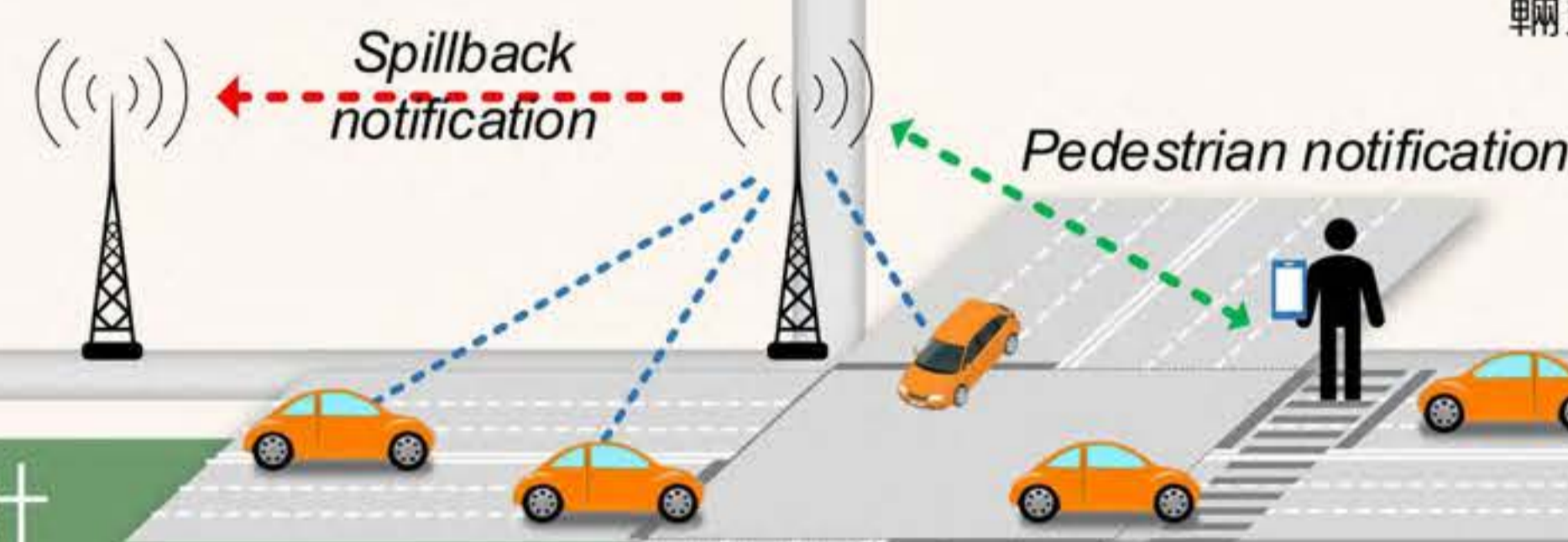
協作式自動化路口管理、路徑最佳化與通訊延遲分析以改善交通耗油、耗時及安全問題

Saving Fuel, Time and Lives with Autonomous Intersection Management, Routing Optimization, and Communication-Delay Analysis

王奕智 國立陽明交通大學 電機工程學系博士班 指導教授：溫宏斌

研究動機

- 全球每年有135萬人死於交通事故，超過一半的傷亡發生於路口周邊
- 根據統計，美國人每年花88億小時以上的時間塞在道路上，損耗了33億加侖的汽油
- 時間、汽油的損耗預估將於2025年成長 9%到 20%
- 借助自駕車與5G的技術，偕同智慧交通路側設施(RSU)時間，以達到安全、省油、且省時的路口管理

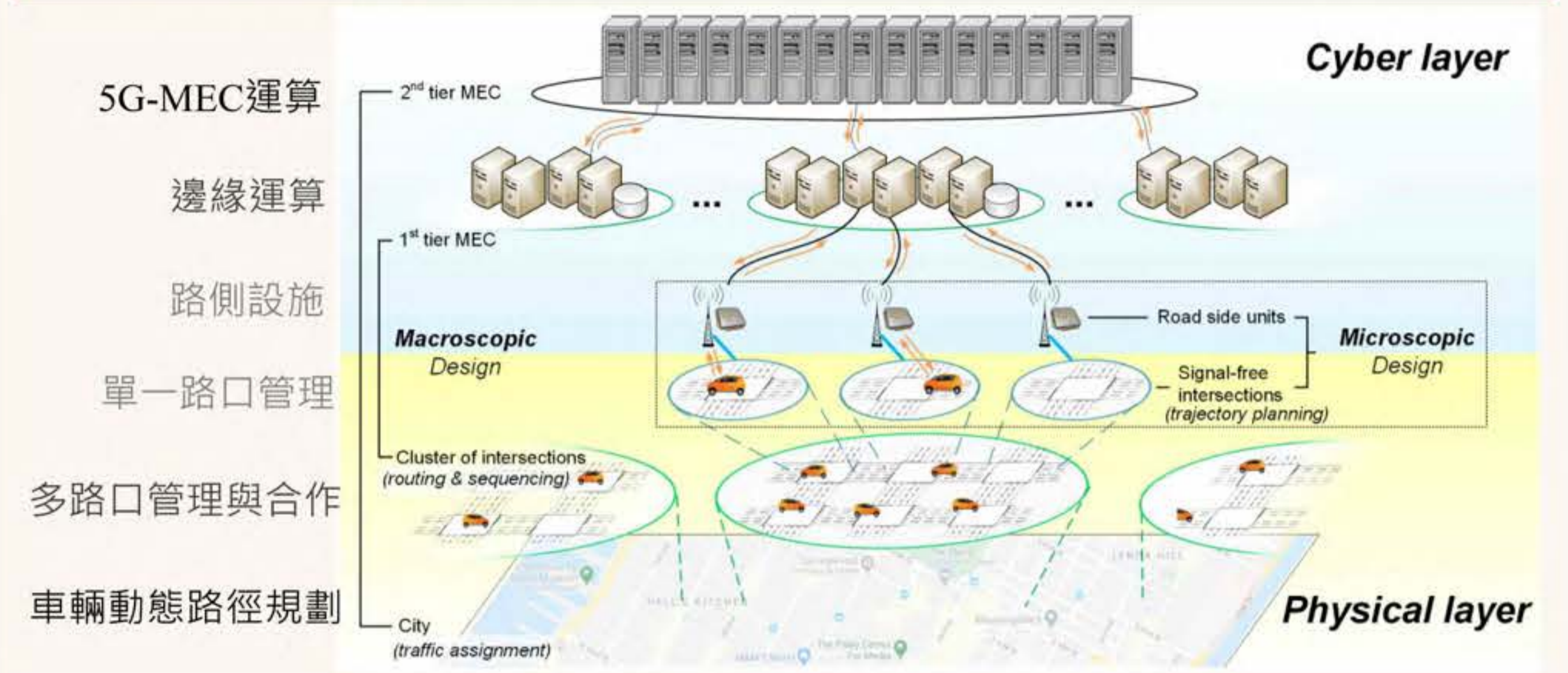


研究問題

智慧交通的三大問題：

- (1) 單一路口管理與周邊車道分配
- (2) 路口、車輛與行人的協同運作
- (3) 基於「自動化路口」環境的車輛動態路徑規劃

交通問題及運算環境的對應



三大交通管理系統設計

面對三個層級的智慧交通問題，此研究提出三個系統

(1) 自動化路口管理系統 (Roadrunner)

利用自駕車與智慧交通路側設施(RSU)的溝通，以自動化的管理系統，取代傳統的紅綠燈，並透過周邊車道的動態分配，證實了自動化路口能促使更高效率的路口通行

(2) 進階自動化路口管理系統 (Roadrunner+)

借助自駕車與5G的技術，偕同智慧交通路側設施、自駕車與行人的合作，達到安全、省油、且省時的路口管理，更借助裝置間的溝通，解決大範圍的倒流式阻塞

(3) 階層式路徑最佳化系統(Marvel)

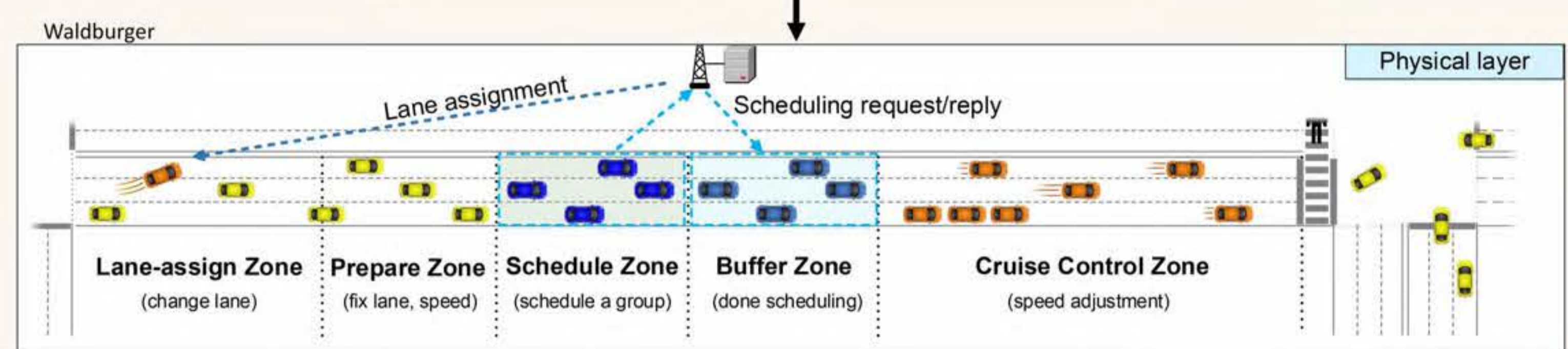
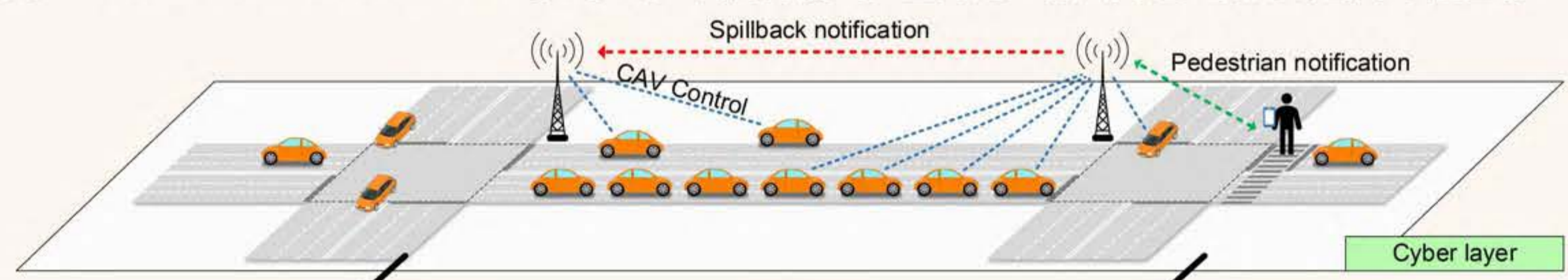
結合5G-MEC 的架構，利用階層式的偕同運作與附載平衡，大幅提升運算的負載量，以處理未來大量車輛的動態路徑規劃與車流調配

進階自動化路口管理系統 (Roadrunner+)

Roadrunner+ 對自駕車的控制，包含三項

- 動態車道分配：基於路口與每個車道的壅塞程度，動態調整車道的使用
- 預約路口的使用時間：用最佳化演算法，計算安全且最省時的路口使用時間，並為自駕車預約路口使用的時間。
- 智慧車速控制系統：智能調整車速，使車子在安全、且不造成倒流式阻塞的情況下，以最省油的方式在預定的時間內，進入路口

較於 Roadrunner，Roadrunner+ 考量多路口間的倒流式阻塞問題、行人問題與預先規劃的車速控制

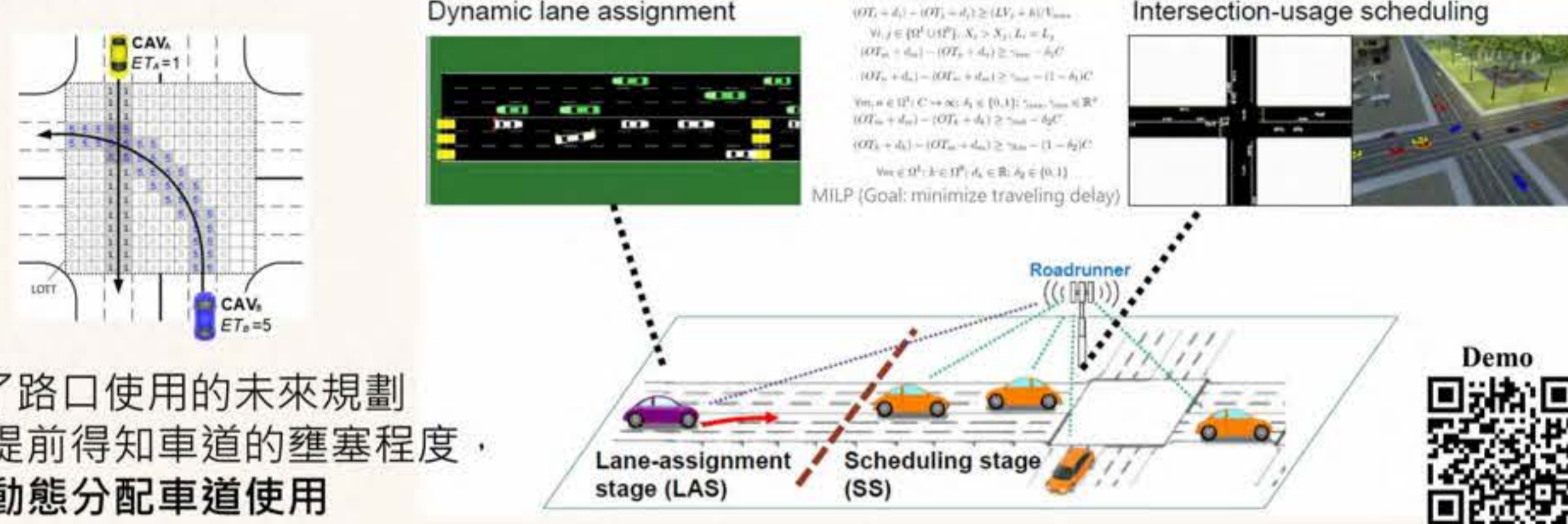


Roadrunner+ 的控制藉由 Pipeline 的結構組合，以確保能連續控制車流

- 自駕車與Roadrunner+在每個時間週期內，完成任務各項控制任務
- Roadrunner+ 計算區域(Schedule Zone)內，自駕車的路口使用時間
- 同時控制區域(Lane-assign Zone)內，自駕車的車道使用
- 自駕車在不減速的情況下，在區域(Prepare Zone)發送需求，並於區域(Buffer Zone)得到回覆
- 最後，自駕車進入速動控制區(Cruise Control Zone)後，智能車速調整

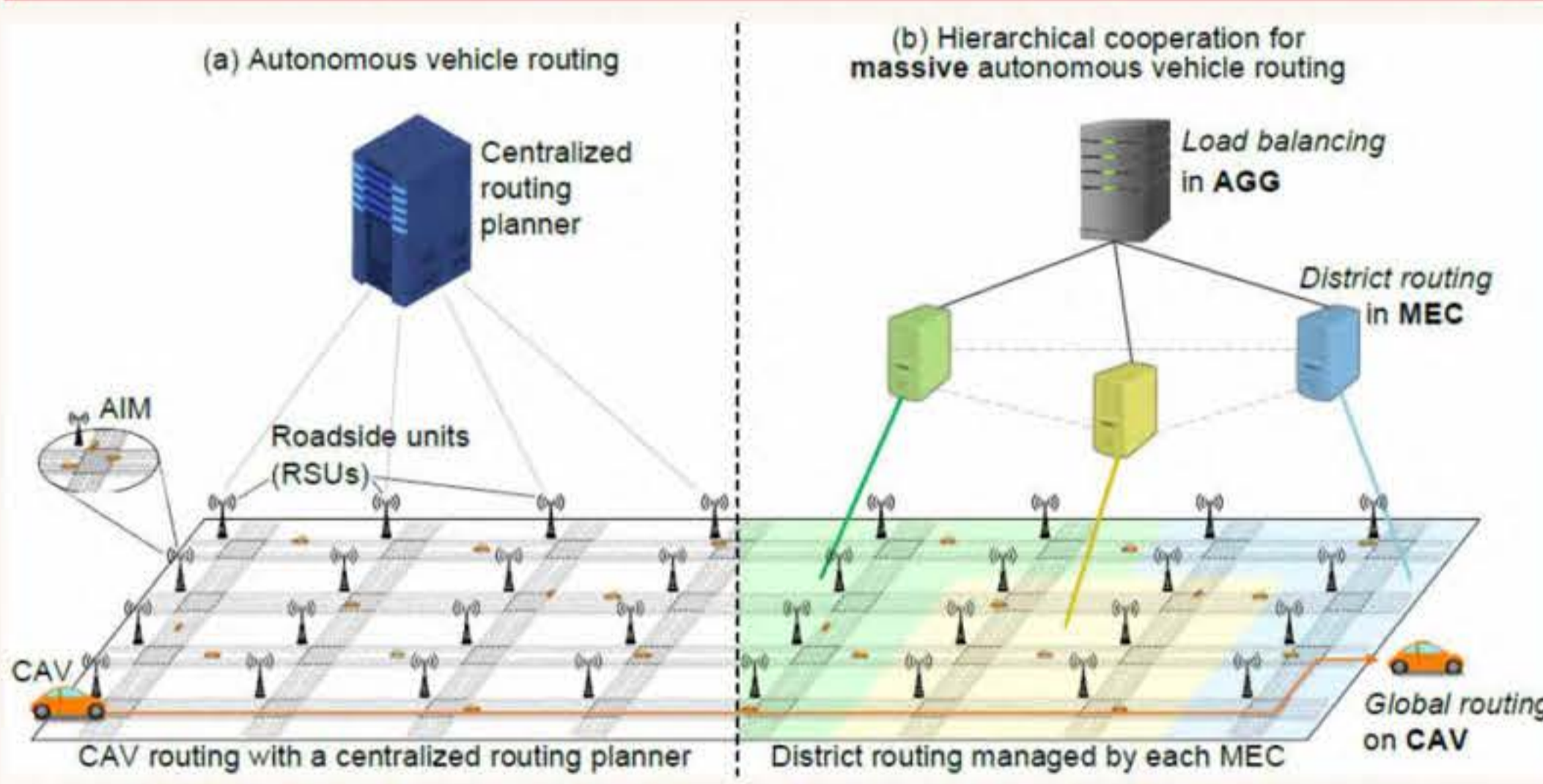
自動化路口管理系統 (Roadrunner)

借助智慧交通路側設施(RSU)的運算與協調，對路口空間的使用做最佳化運算 (MILP) 提升路口的使用效率。



- 有了路口使用的未來規劃
- 提前得知車道的壅塞程度，
- 動態分配車道使用

階層式路徑最佳化系統(Marvel)

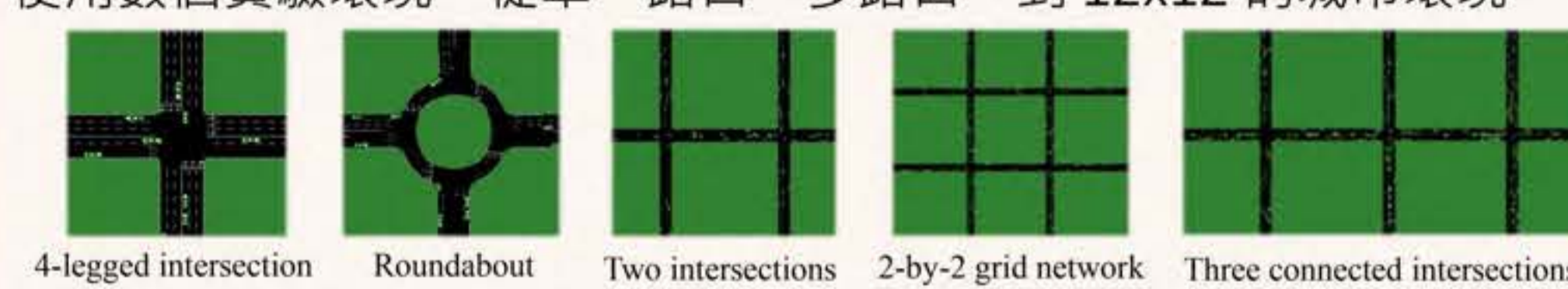


隨著自動路口系統的發展、頻繁的通訊與協調，道路的使用效率提高車輛可以更動態的調整路徑，但同時也使得運算與通訊的挑戰性上升因此，Marvel 的研究使得智慧交通的研究更具可延展性與實用性利用 5G-MEC 階層式的架構，將計算分配到各層計算資源當中

1. 底層的 Edge servers 與 RSU 溝通，動態計算小區域的路徑規劃實時的依照路口壅塞狀態而調整，屬於小區域但頻繁的路徑更新
2. 上層的 Aggregation server 則負責 Edge server 間的負載平衡與資訊交換，屬於大範圍的路徑控制與負載調配

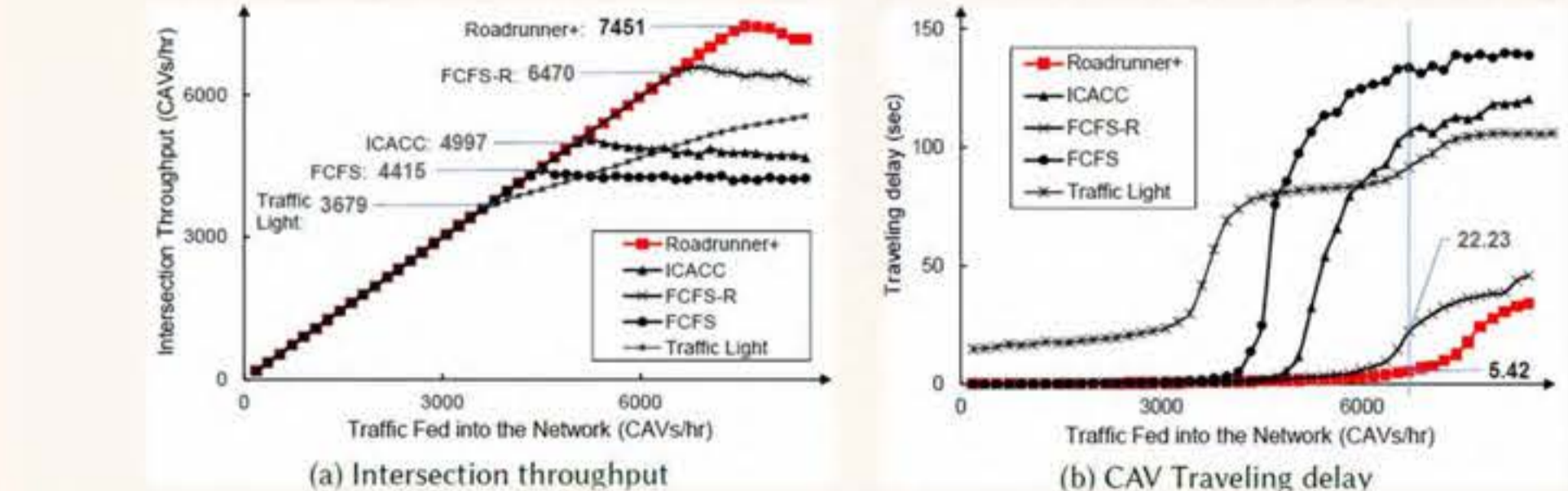
研究成果

使用數個實驗環境，從單一路口、多路口，到 12x12 的城市環境

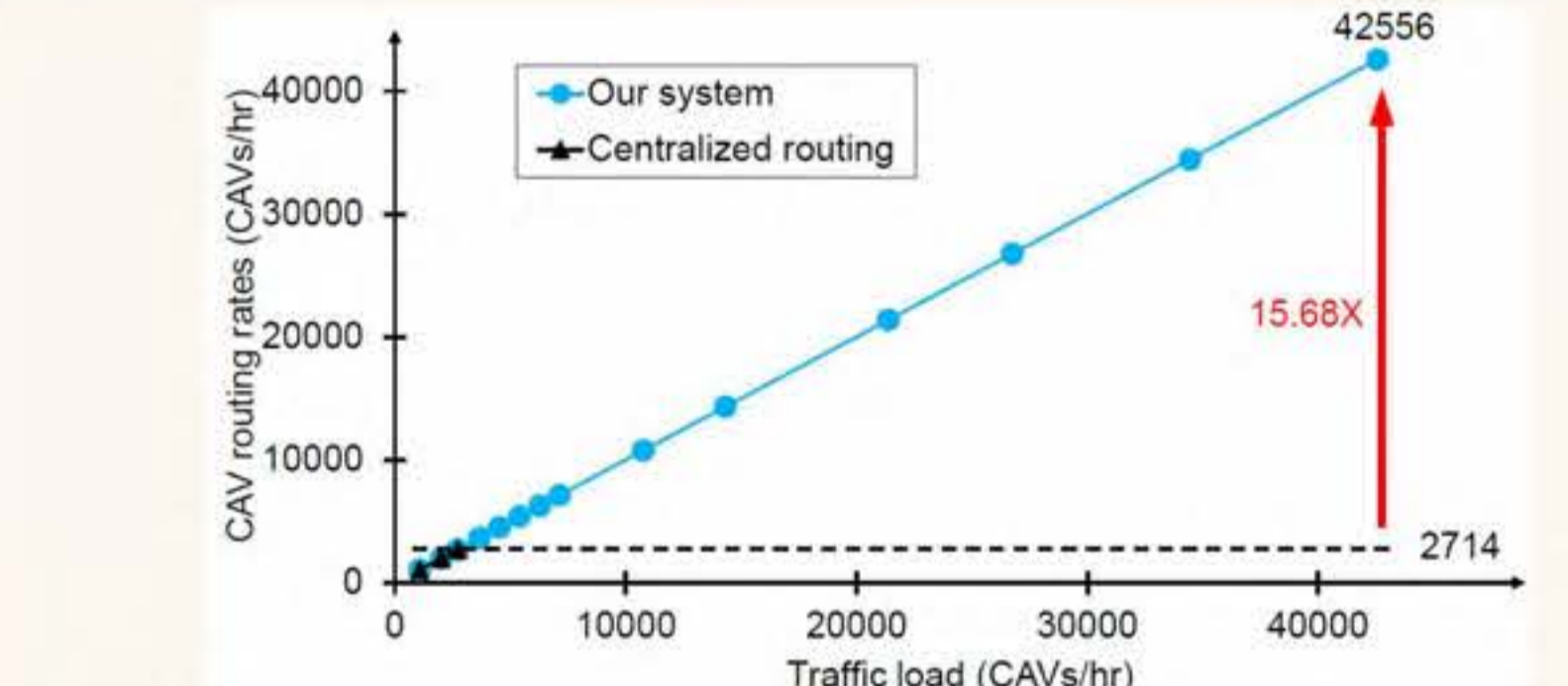
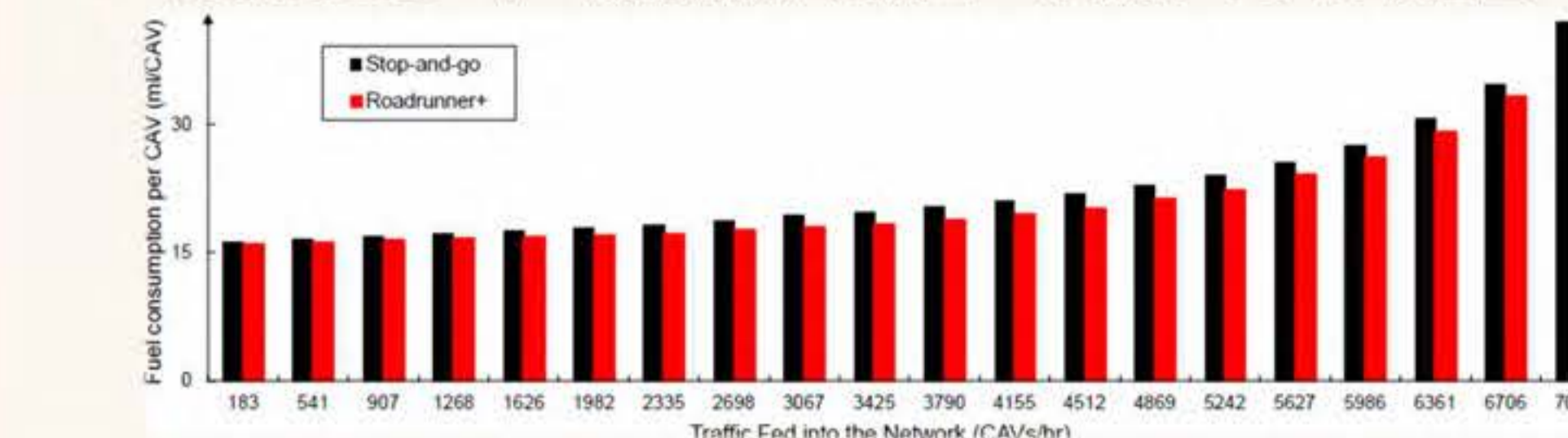


實驗數據 (4-legged intersection)

- 與紅綠燈相比，車流通量增加 102%，耗時大幅減少 (75秒 → 5秒)
- 與其他路口管理相比，車流通量增加 15.16%以上，耗時減少75%



- Roadrunner+ 中，使用智能車速調整，可以減少 7.64% 耗油量



路徑規劃中，相較於中心化運算，Marvel 僅使用 5 台 server，便可達到 15.68X 的路徑運算附載，凸顯面對大量車流的系統實用性

研生活及心得

研究本身就具有挑戰性，從尋找 Research gap、探討研究問題，找到核心原因、設計系統、實作系統與環境、到最後的測量與分析，每一步都不簡單，但每完成一個環節後，總是會有滿滿的成就感。發表論文也更是一條艱辛的道路，研究成果本身是對人類未知的領域的探索，而要展示成果、說服學界同仁，又是一門學問。過程中會遇到困難、遇到論文被拒，但總是在一步一步的修正精進後，讓研究成果得以呈現。而我也在目前為止，累積了 11 篇論文、189 個引用數、一項專利，更常常提醒自己，要維持研究積極且放棄的態度，持續鑽研各項知識與技能。