
SOFTWARE REQUIREMENTS SPECIFICATION

for

道路品質檢測系統

Version 1.0 approved

Prepared by 1051511管若嵐 1051530王憶蓁
1051531鄭靖潔 1051534彭梓瑄
1053332吳芷芳

開放平台第12組
June 14, 2019

Contents

1	Introduction	3
1.1	Purpose	3
1.2	Intended Audience and Reading Suggestions	3
1.3	Project Scope	4
2	Overall Description	5
2.1	Product Perspective	5
2.2	Product Functions	9
2.3	User Classes and Characteristics	9
2.4	Operating Environment	10
2.5	Design and Implementation Constraints	11
2.6	Assumptions and Dependencies	11
3	External Interface Requirements	12
3.1	User Interfaces	12
3.2	Hardware Interfaces	13
3.3	Software Interfaces	15
4	System Features	16
4.1	使用偵測系統	16
4.1.1	Description and Priority	16
4.1.2	Stimulus/Response Sequences	16
4.1.3	Functional Requirements	19
4.2	各區段路面品質分析	19
4.2.1	Description and Priority	19
4.2.2	Stimulus/Response Sequences	19
4.2.3	Functional Requirements	20
5	Other Nonfunctional Requirements	21
5.1	Performance Requirements	21
5.2	Safety Requirements	21
5.3	Security Requirements	21

1 Introduction

1.1 Purpose

此規格書的目的是概述道路品質檢測系統的軟體需求。其中將描述目標用戶、用戶介面，以及系統目的和系統特徵。道路品質檢測系統是利用群眾外包架構，讓每台車輛回傳，所行經的道路視訊串流與GPS座標位置，並經過本系統分析後，即時產生路面品質密度圖，提供給相關維運單位，以提供更好的用路品質。。

1.2 Intended Audience and Reading Suggestions

本文檔主要內容共分成五個部分：Introduction、Overall Description、External Interface Requirements、System Features、Other Nonfunctional Requirements。Introduction部分針對需求書的內容與使用對象進行說明；Overall Description 對系統整體結構進行大致的介紹；External Interface Requirements 詳細的描述 User Interface、Software Interface、Hardware Interface；System Features 對系統的功能需求進行詳述；Other Nonfunctional Requirements 則詳述系統的非功能性需求。

本文檔的閱讀對象：

- Developers：分析需求，設計與開發出符合要求的系統
- Project Managers：根據需求書，了解預期產品功能，作為系統設計之參考
- Marketing Staff：了解產品預期的功能與效用
- Users：了解產品預期的功能與效用，與分析、設計人員對於系統需求進行討論與協商
- Testers：以需求書為依據，對系統軟體進行功能性與非功能性測試
- Documentation Writers：配合設計報告，了解系統功能，撰寫用戶說明書

1.3 Project Scope

隨著車聯網(Internet of Vehicle, IoV)技術的發展，國內外各大車廠皆積極發展自動駕駛車(Self-Driving Car)。爲了同時滿足自動駕駛車的多元應用情境，在設計過程中，自然也面臨一些挑戰，例如：安全防護、損害賠償責任、喪失隱私等議題。

其中，在自動駕駛車的安全防護設計中，國內外車廠除了致力於提高感測器模組的準確度之外，亦積極鑽研在軟硬體上的co-design，例如：盲點偵測(Blind Spot Monitoring)、車道偏離警示(Lane Departure Warning System)、碰撞預防系統(Precrash System)、主動車距控制巡航系統(Adaptive Cruise Control)等。

但是，在自動駕駛車的應用情景中，常因爲路面不平整、路面破損，造成車內外的感測器因晃動而不穩定，導致車輛感測器的感測能力下降，進而影響自動駕駛車的行車安全。甚至現階段，一般車輛因路面破損，導致的車損與車禍事件，已經層出不窮。

爲了解決這些問題，我們提出道路品質檢測系統，精確標示出路面破損的位置，以評估各路段的整體道路品質。此技術可導入自動駕駛車的設計，使自動駕駛車能精準、有效閃躲路面破損處，帶來更好的交通事故預防機會，亦可將破損路面與道路品質資訊，提供給相關維運單位，以提供更好的用路品質。

2 Overall Description

2.1 Product Perspective

整體而言，本系統的主要目標是，提出一套道路品質檢測系統，利用群眾外包架構，讓每台車輛利用行動網路與行車紀錄器，提供所行經的道路視訊串流與GPS座標位置，並使用卷積神經網路(Convolutional Neural Network, CNN)進行分析，即時產生路面品質密度圖，將分析後的結果回傳至雲端平台，計算出各路段整體的道路品質。本系統按Figure 2.1所示，分成三個部份實行，分別為路面品質大數據庫、路面品質檢測模型及路面品質雲端平台，逐步完成。三個部分的實現內容，概略說明如下：

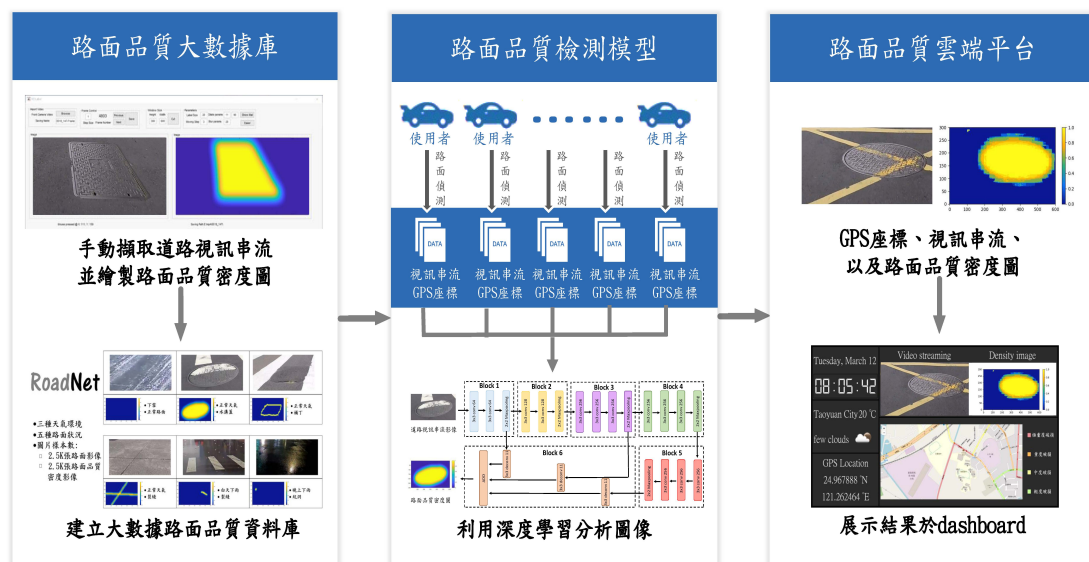


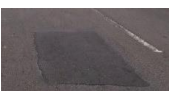
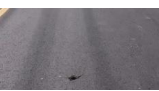

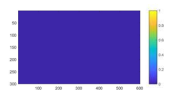
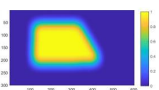
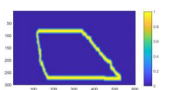

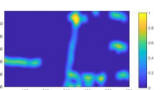


Figure 2.1: 系統架構圖

路面品質大數據庫：為了使本系統能適用於各類環境與路面狀況，增加實用性，避免系統因受到環境變化，進而影響偵測的準確度，因此，我們建立一個路面品質大數據庫，包含不同天氣、環境的路面影像。

首先，我們針對在晴天、雨天、雪天天氣環境中，五種路面狀況，例如：正常道路、水溝蓋、補丁、坑洞、裂縫，進行路面影像蒐集，如Table 2.1第三列所示。

Table 2.1: 路面品質量化標記。

道路特徵	正常道路	水溝蓋	補丁	坑洞	裂縫
道路性質	平整路面	非平整路面	非平整路面	非平整路面	非平整路面
道路視訊串流影像					
路面品質密度圖					

接著，我們利用MATLAB，設計標記工具，依照路面影像中的路面狀況，以手動方式標記出路面破損處，製作各路面影像對應的路面品質密度圖。

其中，在手動的標記方法中，本團隊量化路面品質為0-1分，爲了提高模型分析的準確性，我們對路面品質密度圖的每個像素數值進行統一，以0.1作爲一個區間，將每個像素數值統一修正成0.0、0.1到1.0等11種數值(0-10個類別)。在路面品質密度圖中，如如Table 2.1第四列所示，標記顏色越接近黃色，代表量化路面品質越接近1分，即路面品質越差；標記顏色越接近藍色，代表量化路面品質越接近0分，即路面品質越好。因此，如Figure 2.2所示，本路面品質大數據庫包含有：

- 1) 2.5K張路面影像。
- 2) 2.5K張路面品質密度圖。

RoadNet

- 三種天氣環境
- 五種路面狀況
- 圖片樣本數：
 - 2.5K張路面影像
 - 2.5K張路面品質密度影像

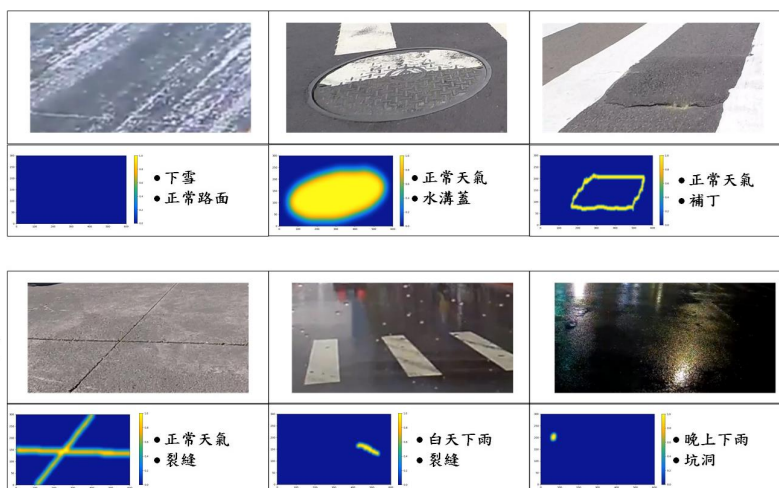


Figure 2.2: 路面品質大數據庫示意圖。

路面品質檢測模型:爲了提升未來自動駕駛車的行車安全，避免自動駕駛車行經破損路面，我們以VGG16模型作爲骨幹網路，延伸建立一個路面品質檢測模型，如Figure2.3所示。

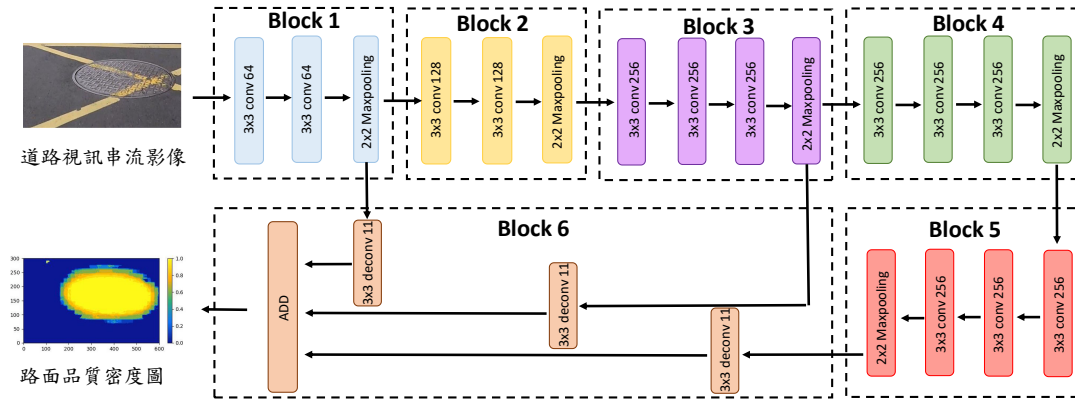


Figure 2.3: 路面品質模型架構圖。

本模型以道路視訊串流影像作爲輸入，即時偵測路面破損狀況，產生路面品質密度圖，以評估路面品質。此模型共分為6個Blocks，分別爲Block 1至Block 6。其中，Block 1與Block 2各使用兩個卷積層與一個池化層，Block 3、Block 4與Block 5各使用三個卷積層與一個池化層，Block 6使用三個反卷積層。

在每個Block的卷積層中，卷積核使用卷積運算，輸出特徵圖，取得道路視訊串流影像的局部特徵。同時，爲了清楚區分道路視訊串流影像中的平整路面與非平整路面，本模型亦加入混合空洞卷積(Hybrid Dilated Convolution) 框架，將每個Block卷積層的擴張率(Dilation Rate)，設計爲[1, 2, 5, 1, 2, 5]鋸齒狀結構。

在五個Block的運算後，爲了使檢測結果更爲準確，我們以Figure2.4(a)的道路視訊串流影像，作爲實驗測試，將該影像輸入模型中，對Block 1至Block 5所輸出的特徵圖，分別進行視覺化，如Figure2.4(b)至(f)所示。

其中，可以看出，Block 1的特徵圖，輪廓最爲清晰，如Figure2.4(b)所示；Block 3的特徵圖，相較於Block 2的特徵圖來說，開始產生填滿的效果，呈現較明顯的標示，如Figure2.4(c)與(d)所示；而Block 5的特徵圖相較於Block 4的特徵圖來說，較沒有標示錯誤的部分，雜訊較少，如Figure2.4(e)與(f)所示。因此，在Block 6中，我們將Block 1、Block 3及Block 5，所輸出的特徵圖，分別透過反卷積運算後，再進行疊加(Add)，將三個Block特徵圖的優點綜合起來，同時分析每個像素的數值類別，依照該類別，填入相對應的數值(0.0-1.0)，進而產生標示明顯、無雜訊的路面品質密度圖。

路面品質雲端平台:爲了能充分利用偵測後的路面破損資訊，根本解決路面破損的問題，我們設計一個路面品質雲端平台，並以Dashboard方式呈現，如Figure2.5所示，以提供相關維運單位，道路品質的相關資訊。

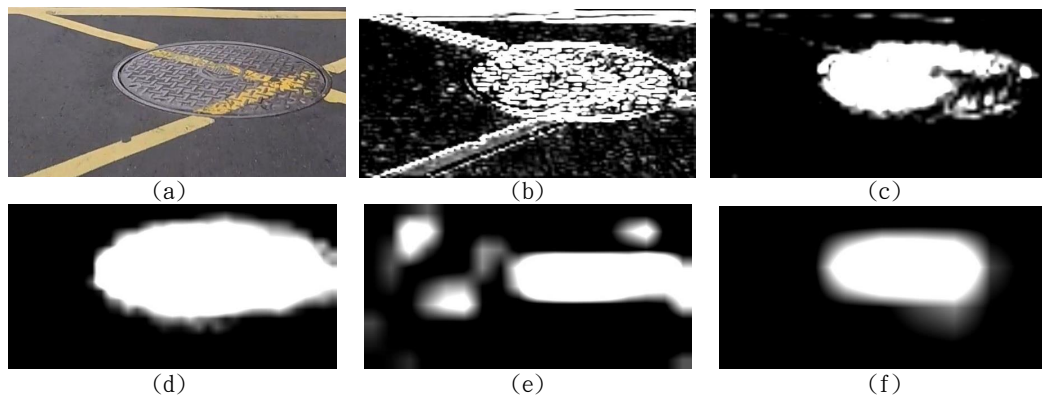


Figure 2.4: 特徵圖視覺化示意圖，(a)道路視訊串流、(b)至(f)Block1至5特徵圖。

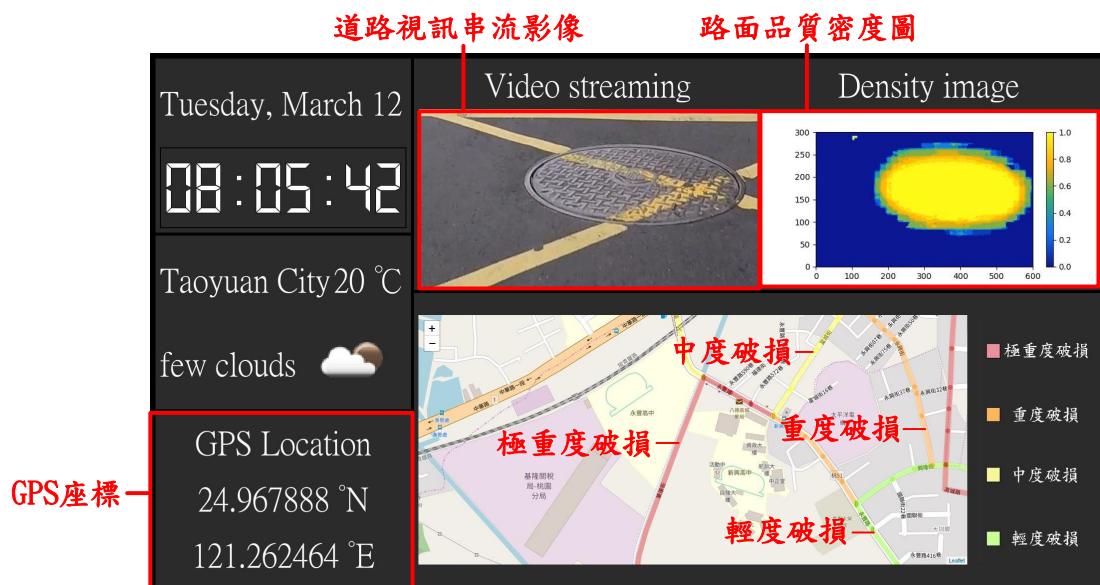


Figure 2.5: 路面品質雲端平台示意圖。

在經過路面品質檢測模型分析過後，我們導入模型所產生的路面品質密度圖、原始道路視訊串流影像，以及GPS座標位置，將其以視覺化方式，呈現於Dashboard上，如Figure 2.5右上部分與左下部分所示，使得相關維運單位能清楚了解，路面破損的位置與範圍。

此外，我們將路段的路面破損嚴重程度，分成四個等級，由輕度破損、中度破損、重度破損至極重度破損，分別以綠、黃、橘、紅四種顏色進行路段標記，如Figure 2.5右下部分所示，讓相關維運單位能了解各路段、街道的整體道路品質。其中，路段的路面

破損嚴重程度評估方式，是將相同路段之路面品質密度圖，進行運算，計算出各個路段，平均路面品質的量化數值，數值越接近0，表示路面破損越輕微；數值越接近1，表示路面破損越嚴重。因此，相關維運單位可透過本平台的Dashboard介面，了解不同路段整體的道路品質，與該路段的路面破損狀況，以作為道路修復之參考依據。

2.2 Product Functions

- 適用於各類環境與路面狀況:

在路面品質大數據庫的部分，蒐集大量晴天、雨天、雪天下，不同路面狀況的路面影像，使本產品能偵測各種環境下的路面狀況，增加實用性。

- 即時偵測路面破損，提高行車安全:

在路面品質檢測模型的部分，透過本系統能偵測、分析路面的破損，準確標記出路面破損的範圍與位置。

- Dashboard介面清楚、易於操作:

在路面品質雲端平台的部分，以Dashboard介面，呈現各街道、路段的路面破損狀況與嚴重程度，方便相關維運單位檢閱，評估應修復的路段，作為道路修復之參考依據。

2.3 User Classes and Characteristics

本系統主要的市場可分為兩大客戶群:

1. **自動駕駛車使用：**本產品可偵測各種路面狀況，例如:正常道路、水溝蓋、補丁、坑洞、裂縫，提高自動駕駛車的行車安全。利用每台車上必裝備的行車紀錄器，及4G行動網路，即時回傳道路視訊串流影像，透過系統分析，產生路面品質密度圖，精確標示出路面破損的範圍及位置，進而使自動駕駛車能精準、有效閃躲路面破損處，帶來更好的交通事故預防機會。
2. **道路維運單位使用：**本產品可根據各路段的路面破損狀況，計算出該路段整體的道路品質。相關維運單位可透過路面品質雲端平台，清楚了解各街道、路段的路面破損嚴重程度，以作為道路修復之參考依據，更有效率保障用路人安全，另一方面，可以提升市容，為城鎮帶來更好的國際形象。

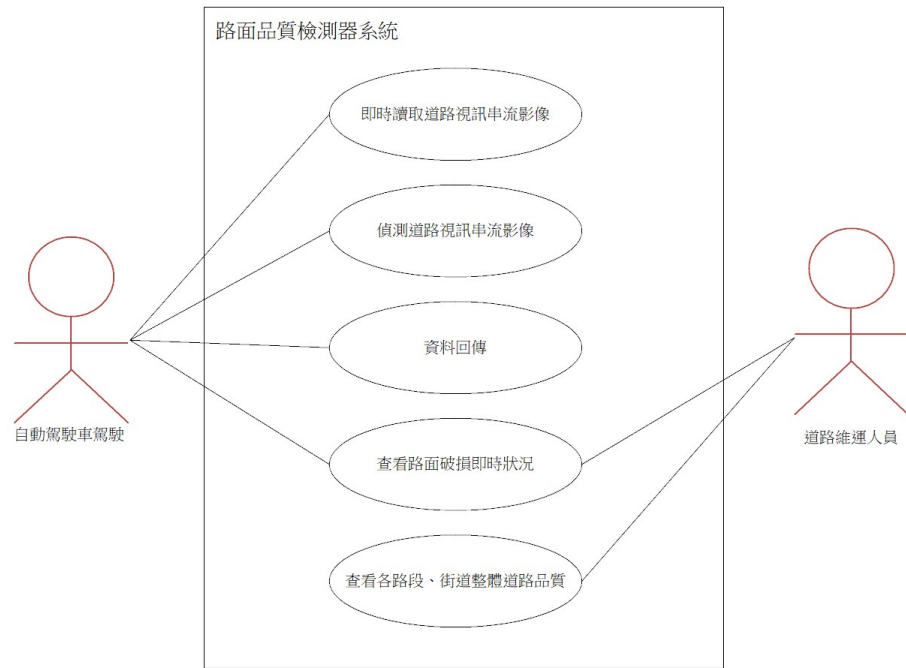


Figure 2.6: Use Case Diagram

2.4 Operating Environment

系統執行環境以使用對象分成兩部分：

自動駕駛車端

- 硬體需求：TX2(NVIDIA Jetson TX2)、顯示器(螢幕)、行車紀錄器、天線
- 軟體需求：Linux16.04/Windows 10

維運單位端

- 硬體需求：具網際網路連線能力之電腦
- 軟體需求：Linux16.04/Windows 10

2.5 Design and Implementation Constraints

1. 即時定位的限制：當天氣情況不佳或是任何影響定位衛星效能的因素，會無法準確定位目前位置，在收集數據時，會影響數據的準確度，以行車駕駛角度來說，路面品質的參考價值變低
2. 用戶隱私與資料蒐集：部分用戶希望使用系統，卻不願意被蒐集行車紀錄數據，降低資料蒐集速率，造成模型準確度訓練提升計畫一定程度的延期

2.6 Assumptions and Dependencies

本系統是否能成功實施，主要取決於下列條件：

1. 訓練資料的處理：由開發人員標記的破損路面特徵，人員的細心程度會影響數據精確度和參考價值
2. 模型訓練方式：選擇不同的機器學習演算法，產生的模型準確度有明顯差異
3. 圖片效能：圖片大小比文字大，傳遞之間較耗時，要如何有效率傳輸與分析，是必然面對的挑戰

3 External Interface Requirements

3.1 User Interfaces

使用者介面以Dashboard呈現，系統將原始道路視訊串流、路面品質密度圖，與GPS座標位置，回傳至路面品質雲端平台，並即時呈現於Dashboard上，如Figure3.1所示，讓自動駕駛車，能即時進行減速或閃躲，以提高行車安全。



Figure 3.1: 路面品質雲端平台之Dashboard示意圖

介面下方將各路段的路面破損嚴重程度，分為四個等級，由輕度破損、中度破損、重度破損至極重度破損，分別以綠、黃、橘、紅四種顏色，於地圖上進行路段標記，如Figure3.2所示。相關維運單位可藉此了解，各路段的整體道路品質，以作為路面修復之參考依據。

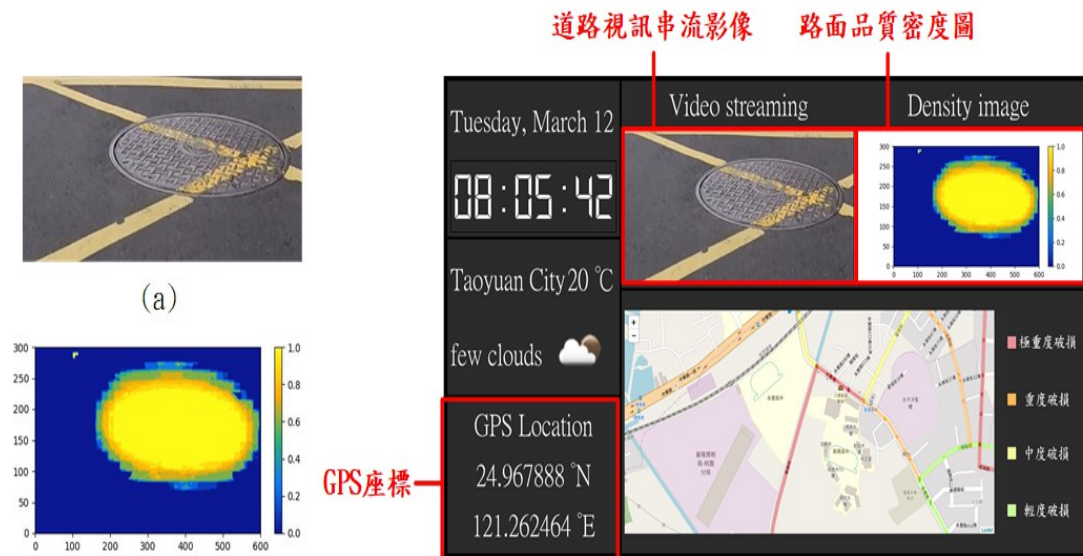


Figure 3.2: 路面品質雲端平台之Dashboard，呈現各路段整體道路品質

3.2 Hardware Interfaces

1. 行車紀錄器：

如Figure3.3所示。將行車紀錄器的主機以吸盤或貼架式的方式，找到最適當的位置，裝置於汽車擋風玻璃上，並調整其錄影角度，再接上電源與變壓器。接著，將手機的4G網路或藍芽，提供給行車紀錄器，使其能即時回傳道路視訊串流，即完成行車紀錄器安裝。

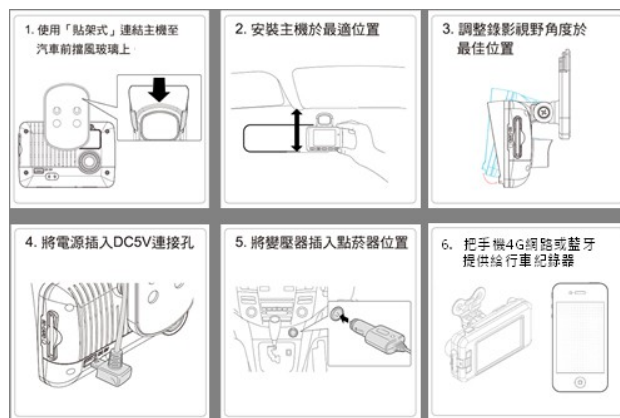


Figure 3.3: 行車紀錄器安裝

2. TX2安裝：

將TX2接上電源、天線與顯示器(螢幕)，等待TX2開機之後，將其連接無線網路，並開啓路面品質雲端平台Dashboard介面，如Figure3.4所示，即完成整體安裝



STEP1 接上電源



STEP2 接上天線



STEP3 接上螢幕線



STEP4 開啟**Dashboard**介面

Figure 3.4: TX2安裝

3.3 Software Interfaces

1. 安裝軟體:

keras 、tensorflow 、python 、opencv 、pyqt 、matlab

2. 使用的參數:

loss function: categorical_crossentropy 、accuracy

learning rate:0.0001

3. 輸入與輸出的圖片:

輸入圖片: 道路視訊串流影像

輸出圖片 : 路面品質密度圖

4. 輸入與輸出的圖片:

輸入圖片大小: 150X300

輸出圖片 大小:150X300

4 System Features

4.1 使用偵測系統

4.1.1 Description and Priority

當系統啟動且駕駛行經在道路上時，系統都將透過行車紀錄器進行即時影像讀取，並透過路面品質檢測模型分析影像，並將產生的路面品質密度圖及其他資料回傳至路面品質雲端平台，最後在路面品質雲端平台以視覺化方式呈現結果。

4.1.2 Stimulus/Response Sequences

使用案例編號：RD-UC001	使用案例名稱：駕駛行經正常道路
系統反應動作	使用者操作動作
a. 行車紀錄器時刻回傳道路視訊串流，以及GPS座標位置。	
	b. 駕駛目前行經正常道路。
c. 透過路面品質檢測模型，分析道路視訊串流影像，產生路面品質密度圖，系統將路面品質密度圖、原始道路視訊串流影像，以及GPS座標，回傳至路面品質雲端平台。	
d. 以視覺化方式，在路面品質雲端平台，呈現路面品質密度圖、原始道路視訊串流影像，以及駕駛當前的座標位置。由於駕駛目前行經路面為正常道路，因此以全藍的路面品質密度圖，呈現平整、無毀損的路面。	

使用案例編號：RD-UC002	使用案例名稱：駕駛行經水溝蓋
系統反應動作	使用者操作動作
a. 行車紀錄器時刻回傳道路視訊串流，以及GPS座標位置。	
	b. 駕駛目前行經水溝蓋。
c. 透過路面品質檢測模型，分析道路視訊串流影像，產生路面品質密度圖，系統將路面品質密度圖、原始道路視訊串流影像，以及GPS座標，回傳至路面品質雲端平台。	
d. 以視覺化方式，在路面品質雲端平台，呈現路面品質密度圖、原始道路視訊串流影像，以及駕駛當前的GPS座標位置，如圖2(c)所示。由於駕駛目前行經路面為水溝蓋，因此以黃色填滿的方式，在路面品質密度圖中，標示出其所在位置與範圍，大部分為圓形或矩形，其餘平整路面部分，以全藍呈現。	

使用案例編號：RD-UC003	使用案例名稱：駕駛行經坑洞
系統反應動作	使用者操作動作
a. 行車紀錄器時刻回傳道路視訊串流，以及GPS座標位置。	
	b. 駕駛目前行經坑洞。
c. 透過路面品質檢測模型，分析道路視訊串流影像，產生路面品質密度圖，系統將路面品質密度圖、原始道路視訊串流影像，以及GPS座標，回傳至路面品質雲端平台。	
d. 以視覺化方式，在路面品質雲端平台，呈現路面品質密度圖、原始道路視訊串流影像，以及駕駛當前的GPS座標位置，如圖3(c)所示。由於駕駛目前行經路面為坑洞，因此以黃色填滿方式，在路面品質密度圖中，標示出其所在的位置與範圍，大部分為不規則形，其餘平整路面部分，以全藍呈現。	

使用案例編號：RD-UC004	使用案例名稱：駕駛行經裂縫
系統反應動作	使用者操作動作
a. 行車紀錄器時刻回傳道路視訊串流，以及GPS座標位置。	
	b. 駕駛目前行經裂縫。
c. 透過路面品質檢測模型，分析道路視訊串流影像，產生路面品質密度圖，系統將路面品質密度圖、原始道路視訊串流影像，以及GPS座標，回傳至路面品質雲端平台。	
d. 以視覺化方式，在路面品質雲端平台，呈現路面品質密度圖、原始道路視訊串流影像，以及駕駛當前的GPS座標位置，如圖4(c)所示。由於駕駛目前行經路面為裂縫，因此在路面品質密度圖中，以黃色標示出其輪廓，其餘平整路面部分，以全藍呈現。	

使用案例編號：RD-UC005	使用案例名稱：駕駛行經補丁
系統反應動作	使用者操作動作
a. 行車紀錄器時刻回傳道路視訊串流，以及GPS座標位置。	
	b. 駕駛目前行經補丁。
c. 透過路面品質檢測模型，分析道路視訊串流影像，產生路面品質密度圖，系統將路面品質密度圖、原始道路視訊串流影像，以及GPS座標，回傳至路面品質雲端平台。	
d. 以視覺化方式，在路面品質雲端平台，呈現路面品質密度圖、原始道路視訊串流影像，以及駕駛當前的GPS座標位置，如圖5(c)所示。由於駕駛目前行經路面為補丁，因此在路面品質密度圖中，以黃色標示出其輪廓外框，其餘平整路面部分，以全藍呈現。	

4.1.3 Functional Requirements

功能需求編號	功能需求描述
RD-F-001	即時讀取道路視訊串流影像：利用每台車輛上裝置的行車紀錄器，以及4G網路，將道路視訊串流影像，即時輸入本系統。
RD-F-002	偵測道路視訊串流影像：偵測道路視訊串流影像中，路面破損的位置及範圍。
RD-F-003	資料回傳：將路面品質密度圖、原始道路視訊串流影像，以及GPS座標位置，回傳至路面品質雲端平台。

4.2 各區段路面品質分析

4.2.1 Description and Priority

道路維運相關人員使用dashboard觀察各地區系統路面破損程度，進行維修優先順序的決策。

4.2.2 Stimulus/Response Sequences

使用案例編號：RD-UC006	使用案例名稱：各街道、路段整體道路品質呈現
系統反應動作	使用者操作動作
	a. 開啓路面品質雲端平台。
b. 本系統根據各街道、路段的所有路面破損狀況，計算出各街道、路段的整體道路品質。	
c. 以視覺化方式，在路面品質雲端平台，呈現各街道、路段的整體道路品質，根據其路面破損嚴重程度，分別以綠、黃、橘、紅四種顏色，於地圖上進行路段標記，如圖6所示。	

4.2.3 Functional Requirements

功能需求編號	功能需求描述
RD-F-003	資料回傳：將路面品質密度圖、原始道路視訊串流影像，以及GPS座標位置，回傳至路面品質雲端平台。
RD-F-004	呈現路面破損即時狀況：透過視覺化方式，於路面品質雲端平台，呈現當前的路面破損狀況與位置。
RD-F-005	呈現各路段、街道整體道路品質：相關維運單位可透過路面品質雲端平台，檢視各路段、街道的整體道路品質，透過地圖上不同顏色的路段標記，了解其路面破損嚴重程度，作為道路修復的參考依據。

5 Other Nonfunctional Requirements

5.1 Performance Requirements

1. **系統運作穩定：** 正常運作情況下，即時偵測路面破損在兩秒內顯示結果，路段品質分析於一秒內完成分析
2. **雲端平台介面人性化：** 即時將路面品質密度圖、原始道路視訊串流影像，以及GPS座標位置，詳細呈現於Dashboard上，評估各路段、街道的整體道路品質，根據其整體路面破損嚴重程度，分別以綠、黃、橘、紅，於地圖上進行路段標記。讓使用者一目了然
3. **路面品質檢測模型效能：** 針對輸入的道路視訊串流影像，進行分析，產生路面品質密度圖，清楚偵測出路面破損的範圍，準確率達到八成以上。

5.2 Safety Requirements

無

5.3 Security Requirements

1. **權限控制：** 根據不同用戶角色，設置相對應的權限，使用者的重要操作會以日誌紀錄以備查看，不具備權限的使用者，禁止使用該層級的功能
2. **數據備份：** 允許使用者將資料備份與恢復，降低數據被破壞與丟失的傷害