

國立高雄科技大學

電腦與通訊工程系

實務專題報告

QR Code 八胞胎之選美-罰分規則研究

| | | |
|------|-----|------------|
| 學 生： | 吳致豪 | C107110161 |
| | 郭來鴻 | C107110139 |
| | 藍文擇 | C107110132 |

指導教授： 吳大鈞 教授

**Department of Computer and Communication Engineering
National Kaohsiung University of Science and Technology
Kaohsiung, Taiwan, R.O.C.**

中華民國 110 年 6 月

國立高雄科技大學

電腦與通訊工程系

實務專題報告

QR Code 八胞胎之選美-罰分規則研究

學 生： 吳致豪 C107110161
郭來鴻 C107110139
藍文擇 C107110132

指導教授： 吳大鈞 (簽名)

Department of Computer and Communication Engineering
National Kaohsiung University of Science and Technology
Kaohsiung, Taiwan, R.O.C.

中 華 民 國 110 年 6 月

QR Code八胞胎之選美-罰分規則研究

指導老師：吳大鈞 教授

參賽組員：吳致豪、郭來鴻、藍文擇

材料成本

| 項次 | 項目 | 規格 | 數量 | 單價 (元) | 金額(元) |
|----|-------------|-----------------------|----|-----------|-------|
| 1 | 測試用 QR Code | 市面上附有 QR Code 可供掃描的產品 | 1 | 150 | 150 |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| 9 | | | | | |
| | 合計 | | | | 150 |

設備折舊 (使用設備折舊金額以購買價格的 1/5 計算)

| 項次 | 項目 | 規格 | 數量 | 單價 (元) | 金額(元) |
|----|------------------|------------|----|-----------|-------|
| 1 | 筆記型電腦(server 端) | 能正常執行本專題程式 | 1 | 4000 | 4000 |
| 2 | 顯示器 | 24" | 1 | 600 | 600 |
| 3 | 智慧型手機(執行網頁程式、測試) | 具相機掃描功能 | 2 | 2400 | 4800 |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| 9 | | | | | |
| | 合計 | | | | 9400 |

人力成本

| 項次 | 工作項目 | 說明 | 工時 | 單價 (元) | 金額(元) |
|----|---------|----------|------|-----------|--------|
| 1 | 影像處理 | 由 吳致豪 負責 | 1056 | 120 | 126720 |
| 2 | 網頁設計及架站 | 由 郭來鴻 負責 | 1056 | 120 | 126720 |
| 3 | 罰分規則計算 | 由 藍文擇 負責 | 1056 | 120 | 126720 |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| 9 | 雜項工作 | | | | |
| | 合計 | | | | 380160 |

組員貢獻度 (全部組員貢獻度合計 100%)

| 學號 | 姓名 | 主要工作項目 | 貢獻度(%) |
|------------|-----|---------|--------|
| C107110161 | 吳致豪 | 影像處理 | 34 |
| C107110139 | 郭來鴻 | 網頁設計及架站 | 33 |
| C107110132 | 藍文擇 | 罰分規則計算 | 33 |

摘要

通訊技術的蓬勃發展，帶動行動裝置上二維條碼的應用，二維條碼不僅儲存資料大小遠高於一般條形碼，還有錯誤更正功能，在有汙損或角度差異的情況下依舊能成功讀出資料，其中最常見的二維條碼便是 QR Code。大多數人對於 QR Code 的認識就是可用手機掃描，得到其中的資訊，但不太瞭解 QR 碼的產生方式和上面特殊圖形的意義，因此也不太會知道同一個 QR Code 在生成過程中，其實能產生八個外觀不同但讀取結果一樣的分身。本專題藉由網頁介紹 QR Code 的八種遮罩(Mask)以及罰分(Penalty score)規則，將 QR 碼經每個遮罩樣式(Mask pattern)產生的結果呈現出來，並計算各項罰分，並將計算過程標示出來，讓使用者更容易理解罰分的計算方式，最後也實作掃描 QR Code 並對其產生八個分身且分別計算罰分，並將最佳結果呈現出來。

目錄

| | |
|------------------------|----|
| 指導教授簽名 | 2 |
| 成本分析 | 3 |
| 摘要 | 4 |
| 目錄 | 5 |
| 圖目錄 | 6 |
| 表目錄 | 7 |
| 第壹章 研究動機及目的 | 8 |
| 第貳章 QR Code 的遮罩樣式與罰分規則 | 10 |
| 第一節 八種數據遮罩樣式 | 10 |
| 第二節 QR Code 的罰分規則 | 11 |
| 第參章 八胞胎的產生 | 13 |
| 第肆章 罰分規則計算標記 | 14 |
| 第伍章 程式實作介面 | 16 |
| 第陸章 結論及未來研究 | 19 |
| 參考文獻 | 20 |
| 附錄 | 21 |

圖目錄

| | |
|---|----|
| 圖 1：已儲存資訊的 QR Code 矩陣加入遮罩的流程。----- | 9 |
| 圖 2：呈現方式流程圖。----- | 9 |
| 圖 3：套用數據遮罩的過程[1]。----- | 10 |
| 圖 4：QR Code 的八種遮罩[1]。----- | 10 |
| 圖 5：QR Code 的格式資訊[2]。----- | 11 |
| 圖 6：QR Code 範例原圖（已做遮罩），內容為 12312345。----- | 13 |
| 圖 7：進行 XOR 處理過的範例圖，即為未做遮罩處理的 QR Code。----- | 13 |
| 圖 8：QR Code 範例原圖（內容為 https://www.nkust.edu.tw/ ，版本為 2，容錯等級為 M(15%)，套用之遮罩樣式為第 7 種）。----- | 14 |
| 圖 9：規則一的標記結果。----- | 14 |
| 圖 10：規則二的標記結果。----- | 14 |
| 圖 11：規則三的標記結果。----- | 15 |
| 圖 12：網頁起始介面。----- | 16 |
| 圖 13：遮罩介紹，呈現八種遮罩樣式供使用者觀看。----- | 16 |
| 圖 14：八個遮罩的條件式。----- | 17 |
| 圖 15：罰分規則的簡單介紹。----- | 17 |
| 圖 16：各個罰分規則的詳細介紹和舉例(以規則一做範例)。----- | 17 |
| 圖 17：掃描功能的按鈕以及八胞胎預覽圖(皆可點選進去觀看各個罰分的計算)。----- | 18 |
| 圖 18：八胞胎的罰分標記(和分數計算)以及最後加總的總罰分。----- | 18 |

表目錄

| | |
|------------------------|----|
| 表 1：QR Code 的四項罰分規則[1] | 11 |
|------------------------|----|

第壹章 研究動機及目的

現代科技日新月異，在我們日常生活中隨處可見有關 QR Code 的應用，除了在宣傳單、食品、各類書籍等實體物品上能見到，也常常在瀏覽網站時看到 QR Code 的蹤跡，而我們只需拿出手機簡單的掃描一下，便能獲取其中儲存的資訊。

QR Code 技術主要用於儲存資料，相較於傳統的條形碼(一維條碼)只能記錄數字或字母編碼，QR Code(二維條碼)能承載更多且不同類型的資料，例如：數字、字母、二進制資料、日文漢字等等，使我們能用 QR Code 來記錄一串文字或是網址，而在資料容量的大小這方面，一般的條形碼約能儲存 30 個字，二維條碼則大概是一維條碼的 50 倍以上，大大提升其實用性。

現今的 QR Code 也能結合影像處理的技術，對它的外觀做一些個人化的設計，或者是將圖片套用進 QR Code 中，但是要在不改變它內部資料的情況下結合這兩種技術，需要對 QR Code 的編碼方式做更進一步的理解，像是了解 QR Code 的錯誤修正等級(Error correction level)和它的各種遮罩樣式(Mask pattern)，才能在做處理時，保留原本儲存的資料並對 QR Code 的資料編排方式做變化。

本專題的目的是針對 QR Code 的八種遮罩方式來做研究，QR Code 在產生時會先將要儲存的資料編排進矩陣內，同時根據錯誤修正等級來區分資料區以及錯誤糾正區的大小，最後套用八種不同的遮罩樣式，並以特定的罰分規則來做比較，選出罰分最低的遮罩樣式作為最後 QR Code 的輸出結果。QR Code 加入遮罩的流程如圖 1。

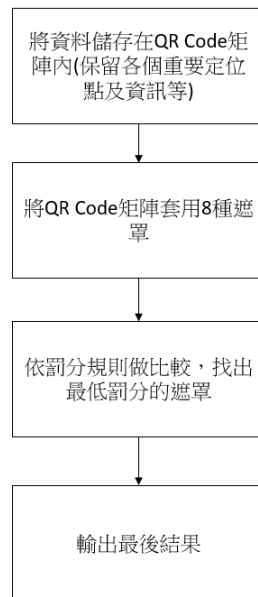


圖 1：已儲存資訊的 QR Code 矩陣加入遮罩的流程。

本專題主要想呈現的結果為導覽式的介紹關於 QR Code 的八種數據遮罩，首先會先介紹 QR Code 的各個罰分規則與計算方式，再來會展示預設的 QR Code 和其他七種遮罩(共八種)的結果，每個結果的下方皆會顯示該圖在哪條規則共得幾分，並將總分計算出來，而每個輸出結果都會連結詳細的標示圖和資訊，以便了解罰分的計算過程。流程圖如圖 2。

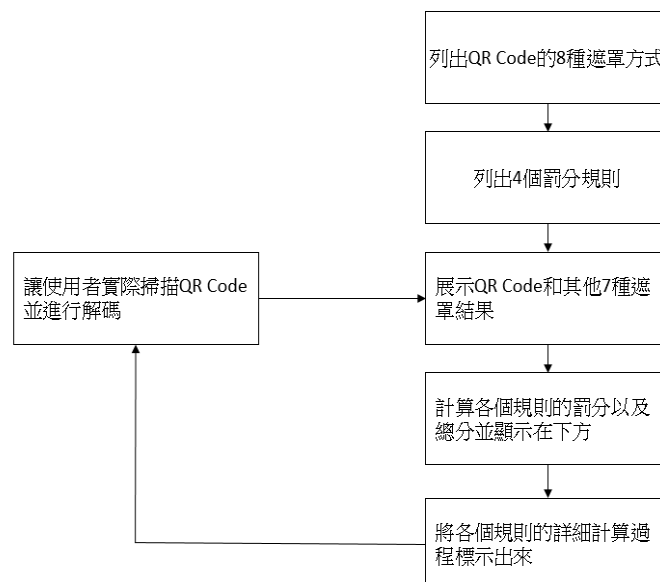


圖 2：呈現方式流程圖。

第貳章 QR Code 的遮罩樣式與罰分規則

為了避免 QR Code 在寫入資料後，資料區留下過多連續的黑色區塊、白色區塊，或者是內部有與定位點相似的區域，導致 QR Code 在掃描時出現錯誤，影響其掃描速度，會對 QR Code 做數據遮罩，改變其編排方式，但不會更改到已儲存在內的資料，而 QR Code 套用數據遮罩的步驟如圖 3。

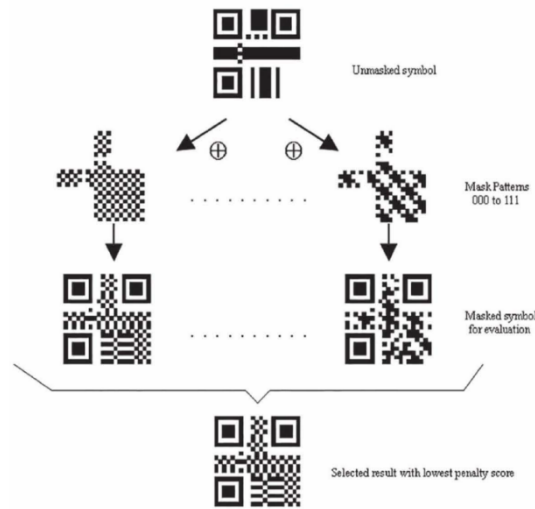


圖 3：套用數據遮罩的過程[1]。

第一節 八種數據遮罩樣式

首先，QR Code 一共有八種不同的數據遮罩，每個遮罩都有不一樣的計算方式，呈現的效果也完全不同，如圖 4，從 000(0)~111(7)：

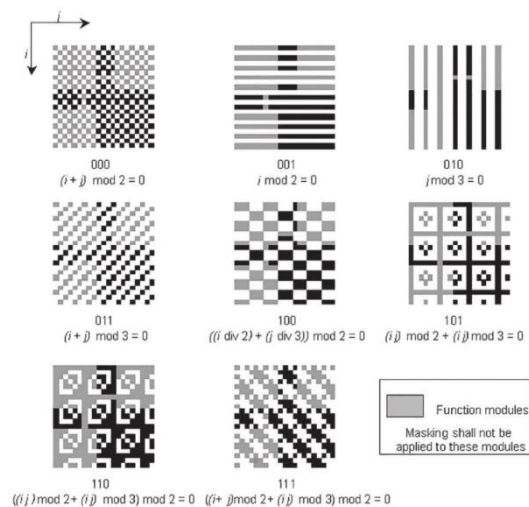


圖 4：QR Code 的八種遮罩[1]。

如果當前使用的遮罩為第七個（即 111），則套用的計算公式為 $((i + j) \bmod 2 + (i * j) \bmod 3) \bmod 2 = 0$ （ (i, j) 為矩陣座標， i 代表 x 軸方向， j 代表 y 軸方向），但該計算只會對資料區做更動，不會影響到重要區域（定位標記、校正區塊等）。由於套用遮罩後的結果是除了定位點以及校正區塊等重要區，其餘資料區塊皆改變編排方式，因此若想從最終結果知道一個 QR Code 是以何種遮罩樣式去做處理，可依圖 5 做參考，圖右的每個遮罩上方就是遮罩版本資訊經過處理過後的結果。

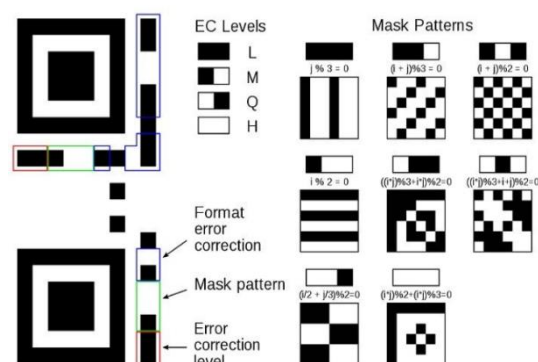


圖 5：QR Code 的格式資訊[2]。

第二節 QR Code 的罰分規則

做完數據遮罩後，便可開始計算該遮罩樣式的罰分(Penalty Score)，並與其他遮罩的計算總分做比較，找出最低罰分的遮罩樣式做為最後結果，整個 QR Code 才算完整產生。表 1 為 QR Code 2015 規格書中提供的四項罰分規則，其中 N_1 至 N_4 分別代表規則一至規則四罰分的權重（weight penalty scores）， N_1 為 3， N_2 為 3， N_3 為 40， N_4 為 10。

表 1：QR Code 的四項罰分規則[1]

| | | |
|---|--|----------------|
| Adjacent modules in row/column in same color | No. of modules = $(5 + i)$ | $N_1 + i$ |
| Block of modules in same color | Block size = 2×2 | N_2 |
| 1:1:3:1:1 ratio (dark:light:dark:light:dark) pattern in row/column, preceded or followed by light area 4 modules wide | Existence of the pattern | N_3 |
| Proportion of dark modules in entire symbol | $50 \times (5 \times k) \%$ to $50 \times (5 \times (k + 1)) \%$ | $N_4 \times k$ |

下面將說明四項規則的詳細計算方式：

(一) 行/列中的相鄰模塊(module)為同一顏色(黑或白)：

若連續五個模塊的顏色相同，罰分為 N_1 分，如果連續個數為 $5+i$ 個，則罰分為 $N_1 + i$ 分(例：連續七個顏色一樣，罰分為 $N_1 + (7 - 5) = 3 + 2 = 5$)。最後再將所有得到的分數相加，即為第一個規則的總罰分。

(二) 一個 $2*2$ 矩陣內的模塊為相同顏色：

QR code 中若出現 $2*2$ 大小的相同顏色模塊(無論黑或白)，每找到一個則罰分加 N_2 分。最後全部相加結果，為第二個規則的總罰分。

(三) QR code 內是否出現 1、1、3、1、1 的編排方式，並與連續四個白色模塊相連：

只要出現「黑白黑黑黑白白白白白」(或是「白白白白黑白黑黑黑白黑」)，每找到一組，罰分加 N_3 分，最後相加結果即為第三個規則的總罰分。

(四) 黑、白兩種顏色在整個 QR code 矩陣中的比例：

第四個規則的罰分需算出 QR Code 內的黑塊和白塊之間的比例，並根據比例得出最後結果，計算步驟如下：

step1. 計算矩陣中模塊的總數。

step2. 計算矩陣中黑色模塊的總數。

step3. 計算矩陣中黑色模塊所佔的百分比： $(\text{黑塊總數} / \text{全部總數}) * 100$ 。

step4. 找出黑色模塊所佔的百分比介於哪兩個百分比之間(區間為 5%)，例如：

43% 介於 40% 和 45% 之間。

step5. 將這兩個區間都減去 50，得到其絕對值，例如： $|40-50| = |-10| = 10$ 和 $|45-50| = |-5| = 5$ 。

step6. 將兩個結果都除以 5，例如： $10 / 5 = 2$ 和 $5 / 5 = 1$ 。

step7. 取兩個數字中最小的那一個數 k 並將 k 乘以 N_4 ，便是第四個規則所得到的罰分。

規則一與規則二的主要目的在於不讓 QR Code 中相同顏色的模塊太過密集而導致在做解碼處理時出現誤判。規則三則是避免 QR Code 在掃描解碼時，因為出現類似找尋樣式的模塊排列方式，導致定位出錯。規則四主要是檢查 QR Code 中黑色與白色的模塊比例，理想狀態下黑色模塊與白色模塊的比例應接近 1:1。

最後將四個規則所計算出的分項總分再全加總起來，便為此遮罩的總罰分，之後依相同方式對每個遮罩樣式的結果做計算，挑選出罰分最低的作為最終結果。

第參章 八胞胎的產生

由於本專題的目的在於介紹 8 種遮罩方式的計算和結果，因此要先對 QR Code 的版本資訊和格式資訊做 XOR，才能知道此 QR Code 的版本以及套用的遮罩方式，最後產生出其他遮罩的結果，步驟如下：

- step1. 先讀入 QR Code
- step2. 讀取 QR Code 的 format information 然後做 XOR
- step3. 切割 XOR 後的 format information 分別解出糾錯級別資訊和遮罩資訊
- step4. 依照解碼出的遮罩資訊得出其餘 7 種各為何
- step5. 將已 XOR 過後的 QR Code 再去加入其他的遮罩樣式
- step6. 產生其他 7 個遮罩結果

下圖 6 與圖 7 為讀入之 QR Code 和進行 XOR 後的結果(即尚未加入遮罩的 QR Code)。



圖 6：QR Code 範例原圖（已做遮罩），內容為 12312345。



圖 7：進行 XOR 處理過的範例圖，即為未做遮罩處理的 QR Code。

第肆章 罰分規則計算標記

為了讓使用者可以更清楚地明白罰分規則的計算，我們將各個規則在做計算時，將每個符合罰分規則的起始位置、大小以及方向記錄起來（除了規則四），並以不同顏色的框線標示出來，由於規則四是對 QR Code 內黑、白模塊的比例做計算，所以不做標示，只將比例、結果等數據列出。圖 8 至圖 11 為原圖及各個規則的標記結果。



圖 8：QR Code 範例原圖（內容為 <https://www.nkust.edu.tw/>，版本為 2，容錯等級為 M(15%)，套用之遮罩樣式為第 7 種）。

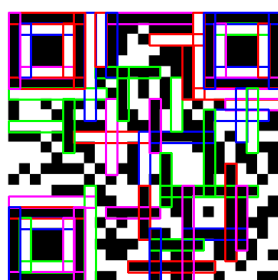


圖 9：規則一的標記結果。

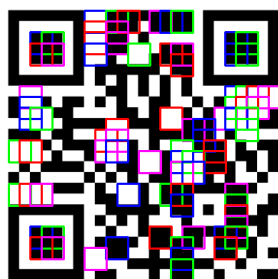


圖 10：規則二的標記結果。

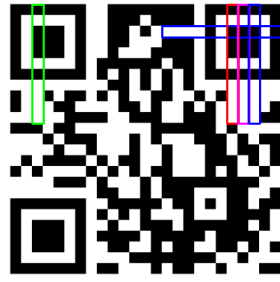


圖 11：規則三的標記結果。

由上面各圖即可得知各個規則共出現多少次符合的情況，將總數加起來並乘以其權重，便可知道計算結果是否正確。

第伍章 程式實作介面

首先處理 QR Code 影像及罰分計算是使用 Python 3.7 編寫開發而成，套用的函式庫為 cv2、numpy、cairosvg、sys、os、websockets、asyncio、PIL、io、base64，網頁程式的後端是利用 PHP 及 MySQL 完成，網路介面則使用 WebSocket API，最後，前端網頁的生成是利用 JavaScript、HTML5 及 WordPress(網頁建置軟體)完成。

圖 12 至圖 18 為網頁的呈現結果(由於掃描功能希望以手機的相機功能實作，因此以手機版網頁呈現)。



圖 12：網頁起始介面。

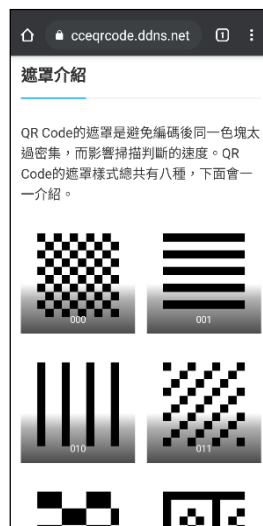


圖 13：遮罩介紹，呈現八種遮罩樣式供使用者觀看。



圖 17：掃描功能的按鈕以及八胞胎預覽圖(皆可點選進去觀看各個罰分的計算)。



圖 18：八胞胎的罰分標記(和分數計算)以及最後加總的總罰分。

第陸章 結論及未來研究

隨著智慧型手機的興起，QR Code 的應用也越來越廣泛，甚至可以和資料隱藏或影像處理等技術做結合，使 QR Code 不單只是儲存文字或網址，還可以對其儲存加密資料，僅透過特殊解碼方式的掃描器才能成功讀出，或者是改變 QR Code 的外觀樣貌，例如插入圖片、改變顏色等，讓它不再單純是黑白方格所組成的條碼，要實作出這些應用，基本上還是要從 QR Code 的生成過程中去著手，甚至有機會遇到需要放棄最優秀 QR Code(加入罰分最低的遮罩樣式)的情況，就可以利用本專題之程式所產生的其他七個遮罩樣式結果，再去比較個別的總罰分，找出與其它技術契合度最高，並且能正確讀出資料結果的 QR Code。

目前本專題在實作時可能會遇到關於圖片掃描的問題，在掃描較高版本(尺寸較大)的 QR Code 時，可能會因為相機解析度和聚焦的問題，導致掃描速度過慢或出現錯誤。掃描一般的 QR Code 時偶爾也會出現誤判(黑色模塊讀取成白色模塊)，雖不影響解碼結果，但在產生八胞胎以及計算罰分時會有點差異，之後可對影像辨識等相關技術作改良，提高計算罰分的正確性。

參考文獻

- [1] ISO/IEC 18004:2015, Information technology - Automatic identification and data capture techniques - QR Code bar code symbology specification, 2015.
- [2] Shows how to read the format information in a QR code, Available: https://zh.wikipedia.org/wiki/File:QR_Format_Information.svg/.
- [3] “QR Code Tutorial – Data Masking,” Available: <https://www.thonky.com/qr-code-tutorial/data-masking/>.
- [4] nayuki, “QR-Code-generator,” Available: <https://github.com/nayuki/QR-Code-generator/>.
- [5] 「製作 WebSocket 客戶端應用程式」 。 Available: https://developer.mozilla.org/zh-TW/docs/Web/API/WebSockets_API/Writing_WebSocket_client_applications/.
- [6] Jimmy Huang, 「Python 之 Websocket 介紹與實作」 。 Available: <https://jimmy-huang.medium.com/python%E4%B9%8Bwebsocket%E4%BB%8B%E7%B4%B9%E8%88%87%E5%AF%A6%E4%BD%9C-8ec2474badaa/>.
- [7] Abder-Rahman Ali, “Base64 Encoding and Decoding Using Python,” Available: <https://code.tutsplus.com/tutorials/base64-encoding-and-decoding-using-python--cms-25588/>.
- [8] 「Python 通過 websocket 與 js 客戶端通訊示例分析」 ， Available: <https://codertw.com/%E7%A8%8B%E5%BC%8F%E8%AA%9E%E8%A8%80/374127/>.
- [9] “Wordpress.org,” Available: <https://wordpress.org/support/>.
- [10] Chris Schmich, “instascan api,” Available: <https://github.com/schmich/instascan/>.
- [11] “SSL for free,” Available: <https://manage.sslforfree.com/dashboard/>
- [12] “Bitnami,” Available: <https://bitnami.com/>.

附錄

電腦與通訊工程系 實務專題提案簡報

題目：QR Code八胞胎之選美-罰分規則研究

指導教授：吳大鈞 教授

組員：吳致豪、藍文擇、郭來鴻



QR Code八胞胎之選美-罰分規則研究

□摘要

- 通訊技術的蓬勃發展，帶動行動裝置上二維條碼的應用，其不僅儲存資料大小遠高於一般條形碼，還有錯誤更正功能，最常見的二維條碼便是QR Code。
- 多數人對於QR Code的認識就是可用手機掃描，得到其中的資訊，不瞭解QR Code的產生方式和上面特殊圖形的意義。因此一般使用者不知一個QR Code其實有八個外觀不同但讀取結果一樣的分身。
- 本專題藉由網頁介紹QR Code的八種遮罩(Mask)以及罰分(Penalty score)規則，將QR Code經每個遮罩樣式(Mask pattern)產生的結果呈現出來，並計算各項罰分，並將計算過程標示出來。
- 實作掃描QR Code並對其產生八個分身且分別計算罰分，並將最佳結果呈現於網頁。

QR Code八胞胎之選美-罰分規則研究

研究動機

- 有鑑於市面上有些QR Code產生器所產生出的QR Code並非最佳的結果，不利於日後若有需對QR Code做複雜加工的需求，進而導致QR Code掃描效率不佳。

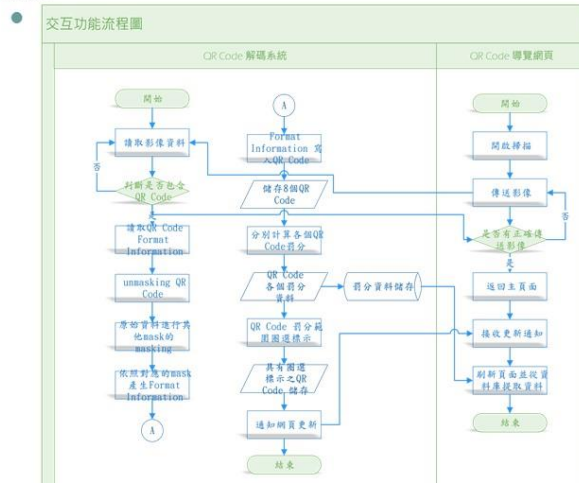
目的

- 因QR Code先前罰分規則有進行更新，以本專題之成果可以輕易地將使用舊版規則的QR Code轉換為新版規則之QR Code。
- 日後對QR Code做複雜加工時，可以透過本專題之成果達到最佳的掃描效率。

3

QR Code八胞胎之選美-罰分規則研究

方法



函式庫

- cv2
- numpy
- cairosvg
- sys
- os
- websockets
- asyncio
- PIL
- io
- base64

4

QR Code八胞胎之選美-罰分規則研究

□ 參考文獻

<https://github.com/nayuki/QR-Code-generator>

https://developer.mozilla.org/zh-TW/docs/Web/API/WebSockets_API/Writing_WebSocket_client_applications

<https://jimmy-huang.medium.com/python%E4%B9%A8websocket%E4%BB%8B%E7%B4%B9%E8%88%87%E5%AF%A6%E4%BD%9C-8ec2474badaa>

<http://puremonkey2010.blogspot.com/2019/03/python-base64-encoding-and-decoding.html>

<https://codertw.com/%E7%A8%8B%E5%BC%8F%E8%AA%9E%E8%A8%80/374127/>

電腦與通訊工程系

專題報告

QR Code 八胞胎之選美罰分規則研究

一〇九學年度