

# 具高隱匿性 QR code 雙重型態資訊隱藏研究

王尉任

國立中央大學資訊工程學系

黃正達

國立中央大學資訊工程學系

黃翔偉

中央警察大學資訊管理學系

王旭正\*

中央警察大學資訊管理學系

## 摘要

本篇文章提出一種雙重型態資訊隱藏的方法。在我們提出的方法裡，它具有高安全性與不可察覺性及高容量性。它將要隱藏的機密資訊，先轉換成二維條碼 (QR code) 同時進行加密，完成第一次的型態轉換，再把 QR code 轉換成黑白圖像，並且以 0 和 1 來表示。將轉換完成的資料以向量量化編碼法 (vector quantization, VQ)，藏入要進行掩護的媒體檔案，如此便完成第二次的型態轉換。這項方法與其它單一隱藏方法相較之下，其安全性明顯較高。藉由資訊隱藏的方法，使機密資料隱藏至掩護媒體中，且肉眼無法辨識出掩護媒體有無隱藏資訊的差異，以達到不可察覺性，為其安全性做第一層防護；而且在第一次轉換的過程中，提供加密的功能，使用者可以加入至多 256 位元的秘密金鑰，為其安全性做出第二層防護。且隱藏過程中，對其機密資料做出雙重型態的轉換，增加資料竊取的困難度，也提高大幅資料的安全性。我們可利用 VQ 資訊隱藏方法，隱藏數張 QR code，以增加其隱藏的資訊量。

**關鍵詞：**資訊隱藏、QR code、條碼、向量量化編碼

---

\* 本文通訊作者。電子郵件信箱：sjwang@mail.cpu.edu.tw  
2011/06/13 投稿；2011/11/11 修訂；2012/05/15 接受

# Dual Hiding in QR Code Applications of Image Processing

Wei-Jen Wang

Department of Computer Science and Information Engineering, National Central University

Cheng-Ta Huang

Department of Computer Science and Information Engineering, National Central University

Hsiang-Wei Huang

Department of information Management, Central Police University

Shiuh-Jeng Wang\*

Department of information Management, Central Police University

## Abstract

In this paper, we proposed a scheme of double type data hiding, where the security, imperceptible, and high embedding capacity are achieved. In our scheme, the secret data are firstly processed into QR code with encrypted. Then, the QR code of the secret data is embedded into the cover image in VQ technique. Compared to the basic data hiding scheme, there are two merits gained in our scheme, imperceptibility and encryption using the secret key of QR attribution. Overall, our scheme can embed more secret and increase the security whenever an intruder would like to illegally steal the secret behind the images.

**Keywords:** Information hiding, QR code, bar code, vector quantization

---

\* Corresponding author. Email: sjwang@mail.cpu.edu.tw  
2011/06/13 received; 2011/11/11 revised; 2012/05/15 accepted

## 壹、前言

在知識爆炸的時代裡，人們利用各種方法獲得所要的知識。而在科技的進步下，使得各種獲得知識的方法不斷的改變，使得人們更容易獲得資訊，其中近年來蓬勃快速發展的便是網路技術。在網路技術不斷的發展下，人們在網路上所獲得的資訊也越來越多樣化，也利用網路來獲取更多的知識。從文字到多媒體資料，各種不同的資訊被人們所了解，也開始在網路上進行通訊活動，甚至開始在彼此間進行資料的傳遞。但在網路上進行資料傳遞並非百分之百安全，產生各種資訊安全的需求，所以各種保護資訊的方法便因應而生。在這段時間裡，不斷的有人提出各式各樣的資訊隱藏方法 (Chang et al. 2010; Lin et al. 2009; Yang et al. 2010)，隱藏的方式 (例如：演算法) 也不斷的做改進。而在這些方法裡，有一項技術已經發展一段時間，我們將這項技術拿來做為資訊隱藏之應用，這項技術就是一條碼 (Bar Code) (Wikipedia 2011a)。

目前在市面上所看見的條碼，大多數都是一維條碼。在運用及發展上都相當的廣泛，但所能隱藏的資訊量並不大，僅能做簡單資訊的隱藏，可配合資料庫等系統進行運作。隨著時代的進步，二維條碼也開始蓬勃發展，目前台灣在報稅等方面亦有二維條碼之運用，日常生活的報紙也可以見到二維條碼的蹤影；在二維條碼裡，已經可以隱藏較多的資訊量，也可以將簡單的圖片製作成二維條碼，不但如此，還可以在製作成條碼前，對資料進行加密，可以說是比一維條碼還要進步許多。

藉由這項技術，我們可以將一些較機密的文件資料製作成二維條碼，使人無法直接判讀。話雖如此，但如果有心人士直接以解碼軟體進行解讀，則這項措施就如同虛設一般，絲毫無防護措施。所以必須更進一步的將條碼進行加密，對其機密性的資料多一層防護的功能，讓有心人士無法以解碼軟體直接解讀，增加讀取機密資料的困難度。但若對二維條碼直接進行傳送，不做任何掩護，則可能被有心人士竊取，並進行密碼的破解及資訊內容的判讀。所以我們要將二維條碼透過下面介紹的系統來進行隱藏，將條碼藏入影像之中，再進行資料的傳遞，使外界無法察覺所傳遞的影像中所隱藏的機密訊息。如此便不會對此機密資料進行特別的擷取動作，利用這樣的技術來進行對機密資料的掩護，再進行資料的傳遞，可以提高其安全性。而且這項技術具有高容量的特性，可以在掩體中隱藏大量的訊息。如果所傳遞的檔案遭到外界的破壞或竄改，便無法順利的將所隱藏的資訊萃取出來，如此一來便可以知道這份檔案已經遭受破壞或竄改，並且要求傳送端重新傳送，利用這樣的方法來對機密性資料進行傳送可以提高其安全性，增加不明人士萃取資料的困難度，利用這樣多層次的隱藏方法，可做出多層次的防護措

施。

本篇文章接下來的章節安排如下：在第 2 節中我們將為一維條碼做簡略的介紹，以及 QR code (Wikipedia 2011b) 的概念，以及 VQ (Linde et al. 1980) 資訊隱藏方法的演算法，而相關的流程以及呈現 QR code 結合隱藏方法的結果將會在第 3 節中進行詳細說明，接著在第 4 節中將對於實驗結果的相關數據進行說明，根據這些方法還有實驗結果，將在第 5 節提出結論。

## 貳、文獻探討

### (一) Quick Response Code (QR Code)

在介紹 QR code 之前，我們先對條碼的基礎，一維條碼做個概略的介紹。一維條碼 (如圖 1 所示) 是利用線條及空白依一定的編排規則組合出來的圖案，然後再依其規則對應到其欲表達的文字或符號，藉此表現出想表達的資訊。一維條碼發展歷史較久，目前世界上約有多達 225 種以上的一維條碼，且各個規格不一。可以依解讀條碼的特性將條碼規格分成兩大類，分別是分散式及連續式。而且有些條碼規格具有「自我檢查」功能，可自我偵測錯誤；而無「自我檢查」功能之條碼規格，大多具有「檢查碼」的設定。但一維條碼因為資訊量少，所以僅能表示該資訊在資料庫中的索引值，以便搜尋相關資訊。



圖 1：一維條碼

二維條碼在近年的發展中，也發展出不同的規格，先對二維條碼進行概略介紹。二維條碼是一種矩陣式的黑白相間的點狀或條狀圖型，同樣是利用點或線條及空白依一定的規則編排出來的圖案，依其規則對應到其欲表達的文字、符號、影像等相關資訊。在常見的一維條碼中，僅寬度有記錄資料；但在二維條碼中，是以平面的概念儲存資訊，長度及寬度皆有資料記錄在其中，與同面積密度的一維條碼相較之下，大幅增加所能儲存的資訊量。而二維條碼可分為兩種型態，一種為堆疊式，是將幾個一維條碼堆疊而成；另一種為矩陣式，利用點及空白依一定規則進行編排。QR code 即為矩陣式的一種，而國內亦有廠商自行開發二維條碼規格，此規格即為 Quick Mark (SimpleAct Inc, 2011)，其功能大致與 QR 規格相同，其中一項較不一樣的功能為可對部分資訊進行加密。

QR code 中的 QR 即為 Quick Response (快速回應) 的意思。由日本所發明, 在 2000 年的時候, 通過國際標準組織 ISO 認可, 在 ISO18004 成立以後, QR code 已經成為全球標準的二維條碼規格, 而 QR code 在目前應用上主要可分成四類:

1. 自動化文字傳輸
2. 數位內容下載
3. 網址快速連結
4. 身分鑑別與商務交易

目前已有越來越多手機可以裝載 QR code 解碼軟體, 可利用具有 30 萬畫素以上的照相手機, 對 QR code 進行照相動作, 得到 QR code 的影像, 搭配解碼軟體對其解讀訊息。而該軟體也有 PC 版本, 可在電腦中對 QR code 進行解讀。但是應注意其顯像大小, 如果大到無法掃描或者是小到無法辨識, 都會造成其無法正確辨識的原因。

QR code 可對各項資料 (例如: 文、數字、網頁連結、簡單影像等。) 進行編碼, 若隱藏的資料量越大則所產生的 QR code 圖案越大越複雜。而 QR code 主要有幾項重要組成要素, 如圖 2 所示。定位用圖案可幫助解碼軟體定位用的圖案, 使其無須對準條碼, 即可以任何角度對條碼進行掃描; 在定位圖案範圍內之圖形為主要的資料儲存區; 而條碼中的黑點及白點即為主要的組成單元, 依一定的排列規則將資訊轉換成條碼。二維條碼因為資訊容量大, 所以可直接在條碼中表示想表達的資訊, 可不必如同一維條碼般利用資料庫進行搜尋。在某些情況下, 條碼中的資訊僅是文字上的資料, 不必與網路連結也可以解譯出該條碼的內容。

目前常利用 QR code 做為網站連結之工具, 也可結合 GIS (Goodchild, 2009) 系統, 將相關地理資訊製作成 QR code, 方便使用者查詢相關訊息。或者是將 QR code 運用在商務交易, 亦可藏入一般的文、數字, 同時可對其資訊進行加密, 而該系統加密之金鑰, 可由數字及英文大小寫及部份之符號所組成, 金鑰長度至少可以達到 256 個位元, 其安全性可以說是相當的高。雖然有許多不同的文字編碼方式 (如: Big-5、UTF-8……等等。), 但是都可以透過 QR 編碼軟體將資訊轉換成 QR code。而不同的文字編碼方式, 也會影響可轉換成 QR code 的資訊量大小, 在 QR code 規格中亦提供了錯誤修正容量的功能, 其可分為四個等級, 如下表 1, 依據各種不同的容錯量, 可以允許不同程度的字碼進行修正。



圖 2：QR code 組成元素

表 1：QR Code 錯誤修正容量

L 等級	7%的字碼可被修正
M 等級	15%的字碼可被修正
Q 等級	25%的字碼可被修正
H 等級	30%的字碼可被修正

## (二) 影像壓縮方法

1. 向量量化編碼 (vector quantization, VQ)：向量量化編碼 (vector quantization, VQ) 是一種影像壓縮方式。VQ 有效率的將圖片進行壓縮，並在人類視覺察覺不到的狀況下進行壓縮。VQ 編碼其效能極高，編碼速度快，並且有大量的壓縮能力。許多學者利用此壓縮方式來加以應用於影像資訊隱藏部分 (Hsieh & Tsai 1996; Tsai 2009; Yang et al. 2011)。圖 3 所示，VQ encoding 的流程圖，將影像切割成  $n$  個不重疊區塊 (non-overlapping blocks)，每一個區塊利用歐幾里得距離到編碼簿 (codebook) 中，找出最接近的索引 (index) 來取代，並且記錄到索引表 (index table) 中。在解碼的時候，只要利用 index table 和 codebook 即可取出 VQ 影像，如圖 4 所示。接收者接收到 index table 和 codebook，所有的 index 利用查表方式到編碼簿取出 codeword，即可還原 VQ 影像。

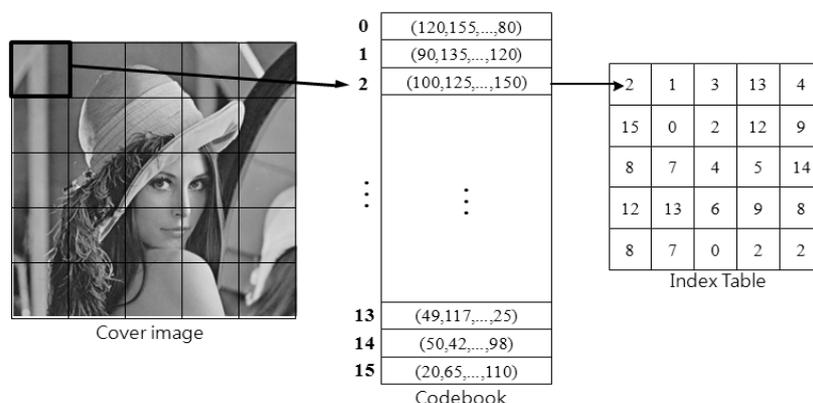


圖 3：VQ 影像編碼

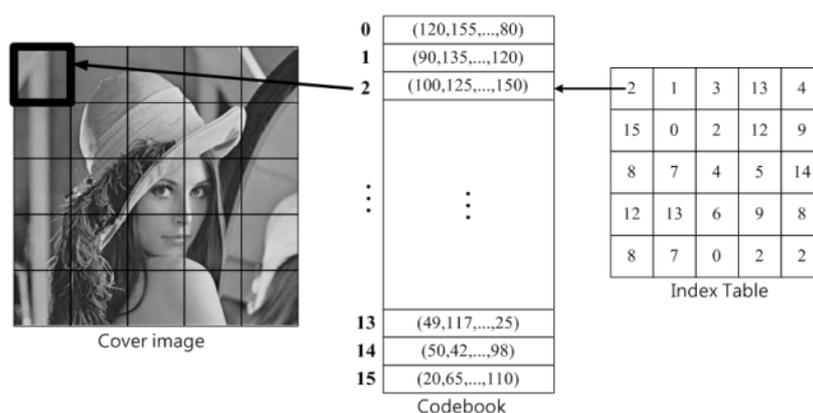
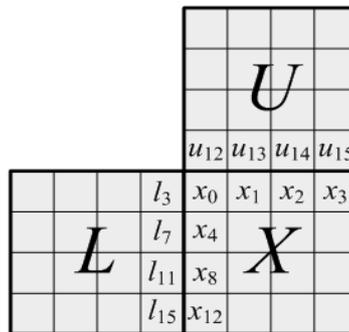


圖 4：VQ 影像解碼

2. 邊緣吻合向量量化編碼 (Side-match vector quantization, SMVQ)：邊緣吻合向量量化編碼 (Side-Match Vector Quantization, SMVQ) 是利用上方區塊及左側區塊來進行預測編碼，以達到壓縮之目的。上方區塊  $U$  及左側區塊  $L$  針對目前處理區塊  $X$  利用歐基里德距離計算取出數個最接近的 codeword 產生子編碼簿。目前處理區塊  $X$  則到子編碼簿當中，找出一個最接近的 codeword 來取代。如圖 5 所示，目前區塊  $X$  利用上方區塊的像素值  $u_{12}$ 、 $u_{13}$ 、 $u_{14}$  和  $u_{15}$ ，及左側區塊的像素值  $l_3$ 、 $l_7$ 、 $l_{11}$  和  $l_{15}$  來跟編碼簿所有的 codeword 來計算距離，並產生一本子編碼簿，目前區塊  $X$  則利用子編碼簿來進行壓縮編碼。

圖 5：區塊  $X$  的上方區塊  $U$  及左側區塊  $L$ 

3. 高預測邊緣吻合向量量化編碼：在 2010 年，Wang 學者提出高預測邊緣吻合向量量化編碼的方法 (Wang et al. 2010)。此方法提升子編碼簿的預測能力，有效的提高子編碼簿的命中率。傳統 SMVQ 是利用上方區塊與左側區塊的最下排與最左排的像素值來預測當前區塊的 codeword。其缺點非常明顯，並沒有針對影像的特徵來預測目前區塊。Wang 學者提出利用上方區塊整排或整列的像素值，來預測目前區塊。此方法有效的提升影像品質與命中率。如圖 6 所示，區塊  $H$  為目前處理區塊，利用上方區塊  $U$  和左側區塊  $L$  的所有像素值來產生  $H_0, H_1, H_2, H_3, H_4, H_8$ ，及  $H_{12}$ ，再利用這七個像素值產生子編碼簿。



圖 6：高預測方法產生子編碼簿

## 參、我們提出的方法

我們將機密訊息利用 QR code 來隱藏，但是當 QR code 軟體偵測出需要 key 來解密時，有心人士會加以破壞或是利用暴力破解法來加以解密。有藉於此，我們利用資訊隱藏技術再將 QR code 藏入到影像圖片中，以達到不可偵測。第（一）節將介紹我們提出的架構流程，第（二）節著重在我們的嵌入步驟以及第（三）節介紹我們的萃取步驟。

### （一）雙重型態隱藏技術流程

圖 7 是我們提出來的流程圖，可以分成兩部分(a)左半邊，資訊隱藏嵌入步驟及(b)右半邊，資訊隱藏萃取步驟。當傳送者想要將 Data 加密時，傳送者利用 secret key 來進行加密產出 QR code。再將 QR code 當成機密訊息藏入影像圖片中即可。當接收者需要進行解碼的時候，接收者有一張含有機密訊息的圖片，利用 VQ 萃取的方法，可以取出 QR code。但是取出 QR code，接收者還須輸入 secret key 才可以解碼出原始 Data。

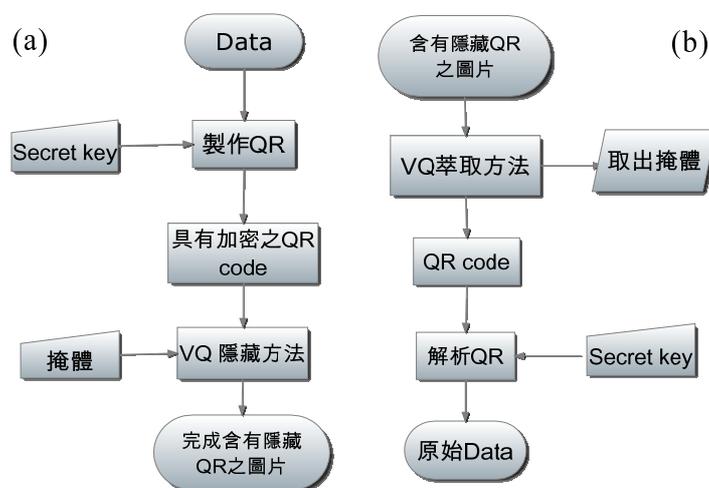


圖 7：操作流程

### （二）嵌入步驟

嵌入步驟主要分成兩部分(a)Data 嵌入到 QR code 及(b)QR code 嵌入到影像。

#### (a)

我們將欲嵌入的 Data 嵌入到 QR code 中，這項動作其實就是將原始資料，依照 QR code 的編碼方式，將 Data 轉換成 QR code。而在 Data 轉換成 QR code 的過程中，我們可以依照需求加入一組 secret key，而該組

secret key 可由數字及英文大小寫和部分符號所組成，最多可達 256 個位元，使 Data 搭配 secret key 依照 QR code 編碼規則進行編碼，產生一個需要 secret key 解密才能解譯的 QR code。

(b)

當 QR code 產生後，我們將 QR code 視為二元機密訊息，首先將 QR code 轉換成黑白圖像，並且用 0 和 1 來表示。我們利用先前所提出的方法來嵌入機密訊息，其嵌入演算法如下：

輸入：Index table I, codebook C, QR code S.

輸出：藏入 QR code 的偽裝影像

- step 1. 第一行與第一列區塊為種子區塊利用 VQ 編碼。
- step 2. 剩餘區塊利用高預測邊緣向量量化編碼產生子編碼簿，子編碼簿大小為 8。
- step 3. 若子編碼簿當中，任一 codeword 距離大於門檻值 T，此區塊利用 VQ 編碼產生 codeword。若子編碼簿當中，所有 codeword 距離皆小於等於門檻值，執行 step4。
- step 4. 區塊可以嵌入 QR code 位元數，一次取  $\log_2$  (子編碼簿大小) - bits，並轉換成十進制，根據十進制數值來選擇子編碼簿中的 codeword 來取代，若 QR code 位元數為 (010)<sub>2</sub>，其十進制為 2，則選擇子編碼簿索引值為 2 的 codeword 取代之。
- step 5. 如果還有區塊尚未執行嵌入步驟，執行 step 2，若都已經執行完畢，根據 codeword 輸出偽裝影像。

### (三) 萃取步驟

在萃取步驟，也是主要分成兩部分(a)影像壓縮解碼，並取出 QR code(b)利用 QR code 取出機密資料 Data。

(a)

當接收者接收到偽裝影像時，只要依照以下解碼流程，即可萃取出 QR code。

- step 1. 將偽裝影像切割成  $4 \times 4$  的區塊，第一行與第一列為種子區塊，不做任何處理。
- step 2. 剩餘區塊利用高預測邊緣向量量化編碼產生子編碼簿，子編碼簿大小為 8。
- step 3. 若子編碼簿當中，任一 codeword 距離與區塊 codeword 大於門檻值 T，則此區塊沒有藏入 QR code bit，不做任何處理。若子編碼簿當中，所有 codeword 距離皆小於等於門檻值，執行

step4。

step 4. 區塊跟子編碼簿中的 codeword 進行比對，並找到相同的 codeword。利用其索引值轉換成二進制產生 QR code bit。

step 5. 直到所有影像壓縮編碼都解碼完畢並輸出 QR code，否則執行 step 2.。

(b)

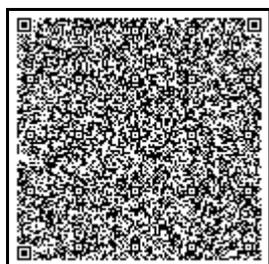
得到 QR code 之後，利用解碼軟體對 QR code 進行解讀，解讀過程中需要輸入剛才設定的 secret key (如圖 8)。若所輸入 secret key 正確無誤，則可對 QR code 內容進行解讀，順利讀取資料內容。



圖 8：輸入密碼解碼

## 肆、實驗數據

在操作實驗的環境下，我們使用 Quick Mark 所提供的編碼及解碼軟體，嵌入的資料為資訊內容為 1024 個字且加密金鑰為 iccl 的 QR code (圖 9a)，而以相同資訊內容製成未加密的 QR code (圖 9b)。我們使用六張圖片做為掩護媒體 (圖 10)，其圖片大小皆為  $512 \times 512$ ，編碼簿大小為 256、512 及 1024，子編碼簿大小為 8，門檻值  $T$  設為 2500。本實驗製作 QR code 的條件如下：所採用的字元編碼方式為 UTF-8，大小為  $121 \times 121$ ，其錯誤修正容量為 M 等級。



(a) 加密的 QR Code

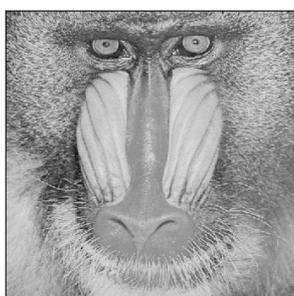


(b) 未加密的 QR Code

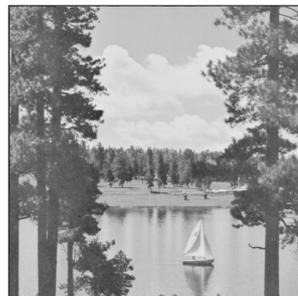
圖 9：QR Code



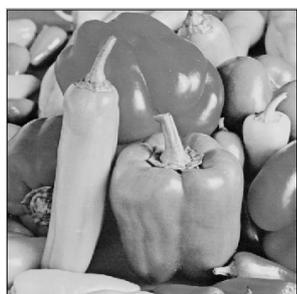
(a) Lena



(b) Baboon



(c) Sailboat



(d) Peppers



(e) Airplane



(f) Boat

圖 10：6 張掩護圖片

依照不同資料量轉換而成的 QR code，其 QR code 尺寸大小則有所不同，表 2 對於不同的資料量所產生的 QR code 尺寸進行比較。由表 2 可以知道 QR code 的尺寸會隨著資訊量的增加而增加，在表 2 中最後一項位元數資料為最大資訊量。在本實驗所使用的環境下，轉換成 QR code 的資訊量最多只能達到 1024 個字，所以最後一項資料為 1024 個字轉換成 QR code 之尺寸關係。而我們採用 PSNR 值來做為掩護媒體隱藏資訊前後之比較，如公式(1)：

$$PSNR = 10 \times \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \quad (1)$$

我們將 QR code 隱藏到掩護媒體中，根據實驗數據表 3 可以發現，當編碼簿大小越大時，我們可以藏入較多的 QR code 且影像品質較佳。其主要原因是我們設定門檻值來控制影像品質，來確保子編碼簿中的 codeword 取代原本的 codeword 時，像素之間的差距不會太大。另外我們利用高預測邊緣向量量化編碼的方式，提升了高預測能力，使得子編碼簿所有的 codeword 更加接近原本的 codeword，此方式使得可藏入區塊的數量有所提升。

表 2：藏入資料量與 QR code 尺寸關係

	位元數 (字數)	尺寸 (pixel)
加密的 QR	1600 (100)	45*45
	6400 (400)	77*77
	11200 (700)	101*101
	16000 (1000)	121*121
	16384 (1024)	121*121

表 3：不同編碼簿大小之間的偽裝影像品質與資訊藏量

Image	編碼簿大小								
	256			512			1024		
	最大資訊藏量	可藏入 QR code 個數	PSNR	最大資訊藏量	可藏入 QR code 個數	PSNR	最大資訊藏量	可藏入 QR code 個數	PSNR
Lena	28830	1	29.522	33942	2	30.244	35844	2	31.035
Baboon	11535	0	24.194	14040	0	24.478	14745	1	24.787
Sailboat	18597	0	27.649	27432	1	28.153	29220	1	28.792
Peppers	26988	1	28.981	33273	2	29.589	35064	2	30.272
Airplane	26583	1	28.693	33705	2	29.959	35442	2	30.737
Boat	20628	1	28.248	29499	2	28.859	31644	2	29.592

圖 11 為不同編碼簿大小的偽裝圖片，圖 11(a)為 VQ 原始圖片 (編碼簿大小為 512)，圖 11(b)為藏入 QR code 的偽裝圖片 (編碼簿大小為 256)，圖 11(c)為藏

入 QR code 的偽裝圖片 (編碼簿大小為 512) 及圖 11(d) 為藏入 QR code 的偽裝圖片 (編碼簿大小為 1024)。當編碼簿大小越大, 其偽裝影像品質較高, PSNR 也相對較高。



(a) 原始 VQ 圖片, 編碼簿大小為 512



(b) 藏入 QR code 的圖片, 編碼簿大小為 256



(c) 藏入 QR code 的圖片, 編碼簿大小為 512



(d) 藏入 QR code 的圖片, 編碼簿大小為 1024

圖 11: 原始 VQ 圖片與不同編碼簿大小藏入 QR code 的圖片

## 伍、結論

本文, 我們已提出了一項雙重型態隱藏技術。這項技術應用了 QR code 將資料做出了第一層隱藏, 也在隱藏的同時加上一組金鑰, 而這組金鑰至少可長達 256 個位元 (32 個字), 並可使用數字、英文大小寫及部分符號做一結合, 提高其安全性; 接著再將該資料的 QR code 結合我們所使用的 VQ 隱藏方法, 使其隱藏在影像之中而不容易被察覺, 以此做出第二層隱藏, 且可利用 VQ 隱藏方法高容量的特性, 隱藏大量的資料在影像之中。一旦掩護媒體遭到些許破壞, 竊取者便無法順利將資料取出, 確保機密資料的安全。

在我們所提出的方法中, 我們可以藉由使用 QR code, 轉換資料型態, 使其不易判讀, 並結合金鑰的使用。使本文的研究大幅提升機密資料的安全性, 做出第一層防護, 再利用我們所使用的隱藏方法將機密資料隱藏至一般影像中, 使其不易被察覺, 做出第二層防護。雙重型態隱藏技術並非必須與 VQ 隱藏方法結

合，QR code 也可以與其他資訊隱藏之方法相互結合運用，可依據不同的需求，結合不同的資訊隱藏方法，雙重防護措施增加竊取者竊取資料的困難度，同時也提升機密資料的安全性及隱匿性。跟其他技術相較之下，這項技術的安全性及隱匿性是明顯高過其他技術。

## 致謝

This research was partially supported by the National Science Council of the Republic of China under the Grant NSC 99-2918-I-015-001-, NSC 98-2221-E-015-001-MY3-, NSC 100-2221-E-015-001-MY2, NSC 99-2218-E-008-012, the Software Research Center, National Central -University, and 教育部「邁向頂尖大學計畫」。

## 參考文獻

- Chang, C.C., Pai, P.Y., Yeh, C.M. and Chan, Y.K. (2010), 'A high payload frequency-based reversible image hiding method', *Information Sciences*, Vol. 180, No. 11, pp. 2286-2298.
- Hsieh, C.H. and Tsai, J.C. (1999), 'Lossless compression of VQ index with search-order coding', *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 5, No. 11, pp. 1579-1582.
- Lin, C.C., Chen, S.C. and Hsueh, N.L. (2009), 'Adaptive embedding techniques for VQ-compressed images', *Information Sciences*, Vol. 179, No. 1-2, pp. 140-149.
- Linde, Y., Buzo, A. and Gray, R. (1980), 'An algorithm for vector quantizer design', *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 28, No. 1, pp. 84-95.
- Goodchild, M.F. (2009), 'Geographic information systems and science: today and tomorrow', *Procedia Earth and Planetary Science*, Vol. 1, No. 1, pp. 1037-1043.
- SimpleAct Inc. (2011), 'Quickmark', available at <http://www.quickmark.com.tw/> (accessed 27 May 2011).
- Tsai, P. (2009), 'Histogram-based reversible data hiding for vector quantisation-compressed images', *IET Image Processing*, Vol. 3, No. 2, pp. 100-114.
- Wang, W.J., Huang, C.T. and Wang, S.J. (2010), 'Side-match prediction scheme in data hiding', In *Fourth International Conference on Genetic and Evolutionary Computing (ICGEC 2010)*, Shenzhen, China, December 13-15, pp. 658-662.
- Wikipedia (2011a), 'Bar Code', available at [http://en.wikipedia.org/wiki/Bar\\_Code](http://en.wikipedia.org/wiki/Bar_Code) (accessed 27 May 2011).
- Wikipedia (2011b), 'QR code', available at [http://en.wikipedia.org/wiki/QR\\_Code](http://en.wikipedia.org/wiki/QR_Code) (accessed 27 May 2011).

- Yang, C.H., Wang, W.J., Huang, C.T. and Wang, S.J. (2011), 'Reversible steganography based on side match and hit pattern for VQ-compressed images', *Information Sciences*, Vol. 181, No. 11, pp. 2218-2230.
- Yang, C.H., Weng, C.Y., Wang, S.J. and Sun, H.M. (2010) 'Varied PVD + LSB evading detection programs to spatial domain in data embedding systems', *Journal of Systems and Software*, Vol. 83, No. 10, pp. 1635-1643.