

植基於雙影像之可逆式藏入法使用中間對折策略 與區間量表

呂慈純^{1*}、楊甯²、張庭綺³

¹朝陽科技大學資訊管理系、²朝陽科技大學資訊管理系、³中興大學資訊管理系
¹tclu@cyut.edu.tw、²en96321@gmail.com、³kelly014026@gmail.com

摘要

Lu、Wu 及 Huang 學者於 2015 年提出使用中間對折策略之可逆式雙影像藏入法，該方法設定了一個固定的數值決定藏入量，接著將藏入訊息轉為十進制並使用中間對折策略，減少數值的大小，而後對切數值將之藏入兩張偽裝影像中。作者的方法固定藏入量，因此，本論文透過區間量表變動藏入量，所提方法先將影像切割成 1×2 不重疊的區塊，接著透過區塊內相鄰像素差值帶入區間量表得知所能藏入的訊息量，來達成保持影像品質，同時藏入更多訊息的目的。實驗結果顯示本文所提出方法能夠藏入更多的訊息。

關鍵詞：資訊隱藏、可逆式、雙影像、中間對折策略、區間量表。

Reversible Data Hiding Scheme Based on Dual Image Using Central Folding and Interval Scale

Tzu-Chuen Lu^{1*}, Ning Yang², Ting-Chi Chang³

^{1,2}Department of Information Management, Chaoyang University of Technology,

³Department of Information Management, National Chung Hsing University

¹tclu@cyut.edu.tw, ²en96321@gmail.com, ³kelly014026@gmail.com

Abstract

Lu *et al.* proposed a dual-image-based reversible data hiding method using center folding strategy in 2015. The method used a fixed value to decide the hiding capacity. The secret data transformed by decimal system and folded by using center folding strategy. The folded secret data then hidden into two stego-images. The hiding capacity of Lu *et al.*'s scheme is fixed that is non-flexibility. Thus, this paper applies an interval scale strategy to dynamically change the hiding payload. The proposed scheme divides the original image into several non-overlap blocks sized 1×2 . Then, the scheme calculates the difference between two pixels in the block. The interval scale table is used to determine the hiding bits of the block to control the image quality and to obtain

higher hiding capacity. The experimental results show that the proposed scheme can get higher capacity.

Keywords: Data hiding, Reversible, Dual image, center folding strategy, Interval scale.

壹、前言

近年來，隨著資訊科技的發展，網際網路已成為主要傳播資訊的途徑，但由於網際網路是開放性空間，任何人皆可從中截取資源，以致於容易引起不法第三者進行竊取、竄改及破壞。資訊隱藏技術然訊息藏入媒體中進行偽裝，藉此達到不被察覺及保護機密訊息的目的，而如何在不被察覺之下，盡可能的藏入更多機密訊息，在訊息藏入量及影像品質之中取得平衡點，則是資訊隱藏要探討的重點。

資訊隱藏技術主要分為：可逆式與不可逆兩種，相較於可逆的資訊隱藏技術，不可逆的資訊隱藏技術可以藏入更多的資料量並保持影像品質，但在藏入機密訊息的同時會造成影像永久的失真，這些誤差在專業領域如醫療、軍事、法律上則是不被允許的，也因此可逆式資訊隱藏技術成為現今資訊隱藏的發展主流之一。可逆式資訊隱藏技術 (Reversible Data Hiding, RDH)，是指在藏入機密訊息後，能夠確保影像在取出訊息時，能夠無失真的還原回原始影像。現今被提出的 RDH 相關技術有許多種包含：差異擴張法 (Difference Expansion)、直方圖位移法 (Histogram-Shift Based)、雙影像技術 (Dual Images Techniques) 等。

差異擴張法 (Difference Expansion) [8] 是 Tian 學者於 2003 年首度提出，主要是利用兩個像素之間的差異值為基礎，以倍數擴張的方式將差異擴張成數倍，再將機密訊息藏入擴張後的差值中，每組像素皆需要額外的 1 位元紀錄是否使用差值擴張，藉此因應溢位問題，這些紀錄則會做成位置圖 (Location Map) 並加在機密訊息之後一起藏入影像之中。差值擴張技術優勢在於資訊藏入量高，但缺點則是需要多出等同原始影像長 \times 寬/2 大小的位元來記錄位置圖。

直方圖位移法 (Histogram-Shift Based) 是利用統計的方式將像素分佈情況轉變成直方圖形式，次數最多的像素值作為峰值點，次數為零的像素值為零值點，機密訊息則藏入於峰值點之中。此方法的藏入能力取決於峰值點的大小，假設峰值點的出現次數越多，可藏入的訊息量就越多，反之則出現次數越少，可藏入的訊息量就相對減少，直方圖位移的缺點在於資訊藏入量與原始影像有相當大的關聯性，不同影像間由於各影像峰值點高度有差異，導致不同圖像間會有顯著的藏入量差異。

雙影像技術(Dual Images Techniques) 將原始影像複製成兩張影像，根據自訂的藏入規則與機密訊息來修改像素，由於是將像素拆成兩半分別藏入兩張影像中，因此可以有效的提升藏入量。此方法在藏入機密訊息的過程中，僅透過加減 1 的方式來修改，故可達到高品質偽裝影像的效果。

本文參考 Lu *et al.* [6] 所提出的雙影像方法，將機密訊息以每 k 個位元為一組，轉換為以 10 進制的機密符號 d ，透過中間對折策略將 d 進行縮減，最後再利用平均法將 d 分別藏入兩張偽裝影像中，此方法利用雙影像的方式提升了偽裝影像品質及藏入量，但其 k 值一開始就需設定好並為固定值，無法彈性地確認影像像素值能否藏入較大的訊息。本論文針對這點利用區間量表的方式作改善，利用鄰近像素之間的差異值代入所設計區間量表求得 k ，以得知該區塊所能提供的藏入量，相較於 Lu *et al.* [6] 方法，所提方法能夠達到更多的藏入量，針對影像品質或資訊藏入量則可以透過修改區間量表的方式，達到不同的需求及結果。

貳、文獻探討

2.1 區間量表

區間量表方法將像素值成差值的值域切割成數個不同區間，如表一範例所示，根據不同需求定義每個區間所分別要藏入的機密訊息量，與區間大小，利用對照量表的方式，依據不同像素或組合彈性的設定藏入位元，假設區間設定方式如表 2 所示，計算出差異值為 10，代入區間量表得知落在 $Q_2=[8,15]$ 的區間，即可求得藏入位元數為 2。利用此方法可使藏入位元數更有彈性，進而達成不同的需求。

表一：範例區間量表

$Q_1=[0,7]$	$Q_2=[8,15]$	$Q_3=[16,31]$	$Q_4=[32,63]$	$Q_5=[64,127]$	$Q_6=[128,255]$
-------------	--------------	---------------	---------------	----------------	-----------------

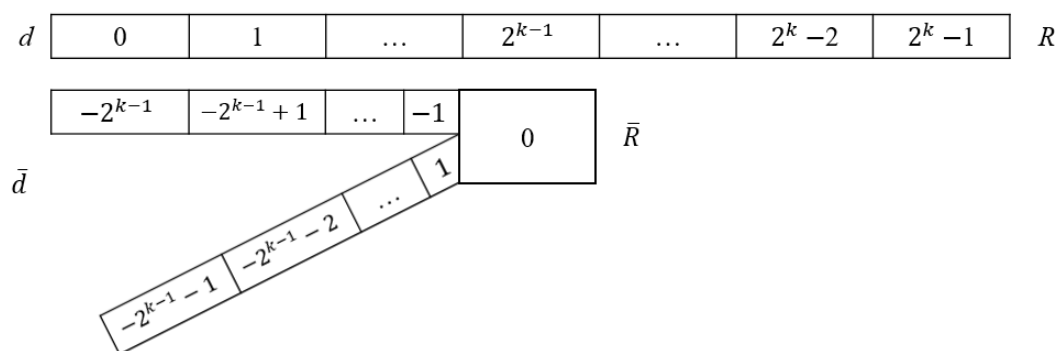
表二：範例區間量表與 k 值對照範圍

$Q_1=[0,7]$	$Q_2=[8,15]$	$Q_3=[16,31]$	$Q_4=[32,63]$	$Q_5=[64,127]$	$Q_6=[128,255]$
2	2	3	3	4	4

2.2 中間對折策略之雙影像可逆式資訊隱藏方法

Lu *et al.* [6] 於 2015 年提出所提出利用中間對折策略之雙影像可逆式技術，該方法令原始影像區塊為 $P=\{p_{1,1}, p_{1,2}, \dots, p_{h,w}\}$ ， h 、 w 為影像的高與寬，機密訊息

則以每 k 個位元為一組 $S = \{S_1, S_2, S_3, \dots, S_k\}$ ，並將其轉換成 10 進制的機密符號 m ，利用中間對折策略，將 2^{k-1} 設為中間值對機密符號 m 進行縮減，對折後的機密符號稱為 \bar{m} ，如公式(1)所示。當 $m > 2^{k-1}$ ，則對折後機密符號 \bar{d} 以負數表示；當 $m = 2^{k-1}$ ，則對折後機密符號 \bar{m} 以 0 表示；當 $m < 2^{k-1}$ ，則對折後機密符號 \bar{m} 以正數表示。完成後其值域將由 $R = \{0, 1, 2, \dots, 2^k - 1\}$ 轉變為 $\bar{R} = \{-2^{k-1}, -2^{k-1} + 1, \dots, -1, 0, 1, \dots, 2^{k-1} - 2, 2^{k-1} - 1\}$ ，藉此可以避免因機密符號 m 過大而造成影像失真， R 與 \bar{R} 的值域示意圖如圖一所示。



圖一：R與 \bar{R} 的值域示意圖

$$\bar{m} = m - 2^{k-1} \quad (1)$$

對折後的 \bar{m} ，如公式(2)所示，利用平均法一分為二分為 \bar{m}_1 和 \bar{m}_2 ，再將 \bar{m}_1 和 \bar{m}_2 嵌入兩張偽裝影像當中，形成二個偽裝像素值 p' 和 p'' ，如公式(3)所示，藉此來降低影像的失真程度。

$$\begin{cases} \bar{d}_1 = \left\lfloor \frac{\bar{d}}{2} \right\rfloor \\ \bar{d}_2 = \left\lceil \frac{\bar{d}}{2} \right\rceil \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} x'_{i,j} = x_{i,j} + \bar{d}_1 \\ x''_{i,j} = x_{i,j} - \bar{d}_2 \end{cases} \quad (3)$$

在偽裝像素產生的過程中，若像素值 p 大於 $256 - 2^{k-1}$ 或小於 2^{k-1} ，即會是因為機密符號的嵌入而產生上溢或下溢的溢位問題，此時對該像素不進行嵌入和修改，以免降低影像品質。

提取機密訊息時，首先先判斷 p' 和 p'' 是否相同，若相同則表示當時藏入時有發生溢位，因此此像素值並沒有藏任何訊息；反之，若 p' 和 p'' 其中一項介於 2^{k-1} 到 $256-2^{k-1}$ 之間，則將 p' 和 p'' 相減，便可取得對折後機密符號 \tilde{m} ，如公式(4)所示，透過中間值 2^{k-1} 將 \tilde{m} 恢復成10進制的機密訊息 m ，最後再將 m 轉換為2進制即可取得機密訊息，如公式(5)所示。還原公式如公式(6)所示，將偽裝像素值 p' 和 p'' 進行平均後，即可取得原始像素值 p ，還原影像。

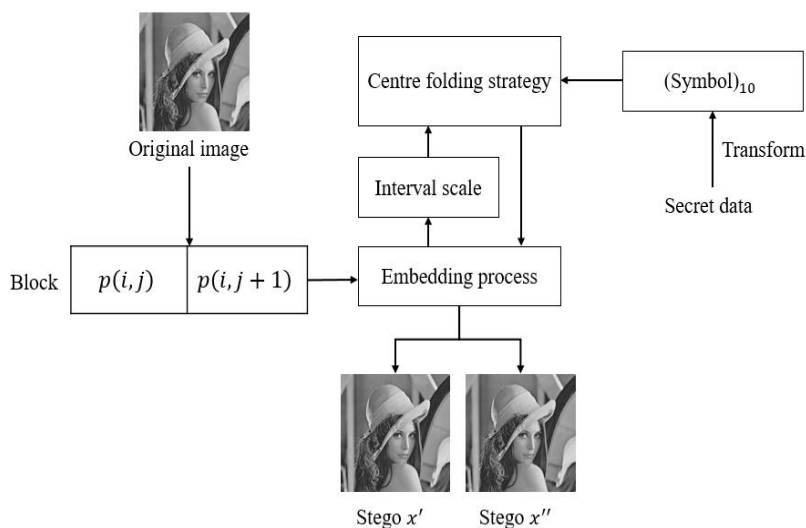
$$\bar{d} = x'_{i,j} - x''_{i,j} \tag{4}$$

$$d = \bar{d} - 2^{k-1} \tag{5}$$

$$x_{i,j} = \left\lfloor \frac{x'_{i,j} + x''_{i,j}}{2} \right\rfloor \tag{6}$$

參、研究方法

Lu *et al.* [6]所提方法先設定一個固定的 k 值，代表每次抓取一個像素能藏入 k 個位元(bits)，接著將 k 個機密位元轉換為10進制，接著使用中間對折法對半拆分藏入至兩張影像之中。本文所提出的方法則改為先將圖像切割成數個 1×2 的區塊，並計算區塊內像素的差異值 d ，利用 d 帶入設計好的區間量表中判斷能夠藏入的機密訊息量，再透過中間對折法對半拆分藏入至兩張影像之中。研究模型的設計如圖二所示。



圖二：所提方法

3.1 嵌入階段

首先將原始影像切割成 1×2 不重疊的區塊，令 $p = \{ p(i, j), p(i, j + 1) \}$ ， $p(i, j)$ 與 $p(i, j + 1)$ 為相鄰像素值，然後將兩個像素值相減取絕對值，得出差異值 d ，如公式(7)。接著利用每一組像素對的差異值 d ，來決定藏入量，接著使用設計好的區間量表，如圖三所示，來決定每組像素對內分別可藏入的機密訊息量，以 k 個位元(bits)來表示。以圖四為例，將分割好的區塊中兩個像素先套入公式(7)中，即可得出差異值 $d = |70 - 88|$ ，接著以區間量表來衡量藏入位元數，由圖三可知 d 落於 16 至 32 之間，固 k 為 3，代表該區塊內像素值分別能夠藏入 3 個位元的機密訊息。以機密訊息 $M = (011110)_2$ 為例子，像素 70 的位置能夠藏入機密訊息 $(011)_2$ ，像素 88 的位置則能夠藏入 $(110)_2$ 。

0	2	4	8	16	32	64	128	256
2	2	2	2	3	3	3	3	

圖三：範例區間量表

$$d = |p(i, j) - p(i, j + 1)| \quad (7)$$

70	88
----	----

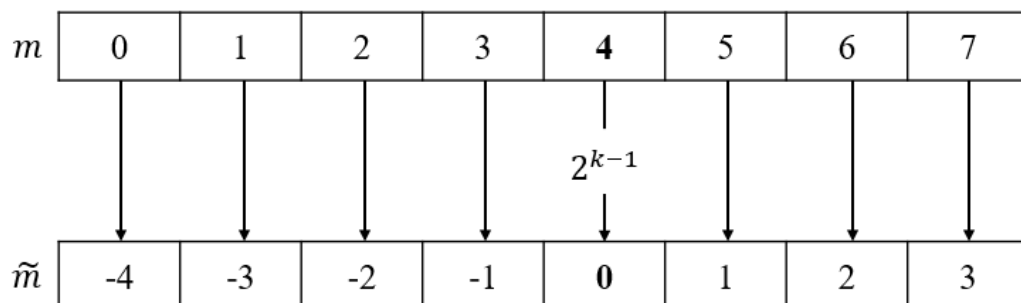
圖四：範例區塊

將機密訊息轉換為 10 進制，為了減少影像的失真程度，將 10 進制的機密訊息以中間對折法進行轉換，令原始機密訊息值域為 $R = \{0, 1, 2, \dots, 2^k - 1\}$ ，中間對折後將值域變為 $\tilde{R} = \{-2^{k-1}, -2^{k-1} + 1, \dots, -1, 0, 1, \dots, 2^{k-1} - 2, 2^{k-1} - 1\}$ ，公式如下：

$$\tilde{m} = m - 2^{k-1} \quad (8)$$

\tilde{m} 為對折後的機密訊息， 2^{k-1} 為中間對折點。以 $k=3$ 為例，中間對折後的數值如圖五所示。以 $m = (011)_2$ 為例，轉為十進制為 $(011)_2 = (3)_{10}$ ，帶入公式(8)

進行中間對折後，新的機密訊息 \tilde{m} 為 $3 - 4 = -1$ 。



圖五：k=3 中間對折值域範圍

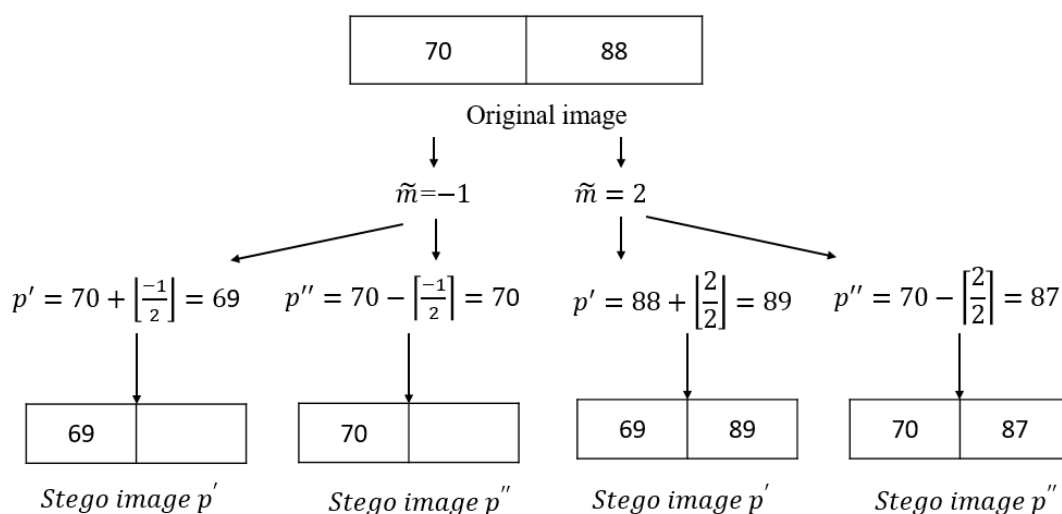
接著將原始影像複製成兩張，分別為 x' 與 x'' ，為了將新的機密訊息 \tilde{m} 平均拆分到兩張影像上，這裡使用公式(9)來計算如何平均分配。

$$\begin{cases} p' = p + \left\lfloor \frac{\tilde{m}}{2} \right\rfloor, \\ p'' = p - \left\lfloor \frac{\tilde{m}}{2} \right\rfloor. \end{cases} \quad (9)$$

其中 p' 代表第一張影像 x' 的新像素值， p'' 為二張影像 x'' 的新像素值。根據前面的過程，藏入過程為：

- a) 切割圖像為 1×2 的不重疊區塊，令 $p = \{ p_{(i,j)}, p_{(i,j+1)} \}$ 。
- b) 以公式(7)得出差異值 d ，並帶入區間量表得出 k 值。
- c) 確認像素值是否在允許的範圍內 $[2^{k-2}, 256-2^{k-2}]$ ，如果不在這個範圍內可能造成上下溢位的問題，在 3.3 節會較詳細的說明。
- d) 以 k 值抓出兩邊分別可藏入的機密訊息 m ，並利用公式(8)得出中間對折後的機密訊息 \tilde{m} 。
- e) 將 \tilde{m} 以公式(9)拆分成兩邊分別藏入偽裝影像中。
- f) (b)-(e)會重複執行直到所有的機密訊息被藏入為止。

以像素值 70 與 88 為例，目前像素值 70 所要藏入的新機密訊息 \tilde{m} 為-1，透過公式(9)計算，即可得知 $p' = 70 + \left\lfloor \frac{-1}{2} \right\rfloor = 69$ ， $p'' = 70 - \left\lfloor \frac{-1}{2} \right\rfloor = 70$ ，因此影像 x' 第一個像素新的像素值即為 69，而 x'' 第一個像素新的像素值即為 70；接著第二個像素 80， $p' = 88 + \left\lfloor \frac{2}{2} \right\rfloor = 89$ ， $p'' = 88 - \left\lfloor \frac{2}{2} \right\rfloor = 87$ ，因此影像 p' 第二個像素新的像素值即為 89，而 p'' 第二個像素新的像素值為 87，如圖六所示，如此下去直到全部的機密訊息藏入完畢，兩張偽裝影像(Stego image)就完成了。



圖六：訊息藏入過程

3.2 取出與還原流程

在藏入的過程中，我們將中間對折後的機密訊息對切藏入了兩張影像之中，因此我們可以透過這個特性，使用公式(10)，將偽裝影像 p' 與 p'' 區塊中的數值相減。

$$\tilde{m} = p' - p'' \quad (10)$$

即可取出藏入在內的機密訊息，但是注意，這裡所取出的訊息為中間對折後的，因此，我們還需要得知該區塊的藏入量 k ，才能夠取出原始訊息，從藏入過程中可以得知，要知道 k 值的話，需要先得知兩像素差異值 d ，因此，要先把原始像素值還原回來，可以透過以下公式還原出原始像素：

$$p = \left\lfloor \frac{p' + p''}{2} \right\rfloor, \quad (11)$$

也就是將兩個藏入後的像素值平均取上限。當兩邊都還原回來後，使用公式(7)即可得知差異值 d ，並帶入區間量表得知 k 值，最後將從偽裝影像中取出的藏入訊息加上 2^{k-1} ，也就是使用公式(12)，最後把數字轉換成2進制並串接起來即可還原藏入的機密訊息。

$$m = \tilde{m} + 2^{k-1} \quad (12)$$

以藏入後的影像 $p'=\{69, 89\}$ 與 $p''=\{70, 87\}$ 為例，首先取出中間對折後的藏入訊息 \tilde{m} ，也就是 $69 - 70 = -1$ 與 $89 - 87 = 2$ ，接著還原原始的像素值 p ，透過公式(11)計算區塊內像素：

$$p = \left\lfloor \frac{69+70}{2} \right\rfloor = 70 ,$$

$$p = \left\lfloor \frac{89+87}{2} \right\rfloor = 88 .$$

得出原始像素為 $p = \{70, 88\}$ ，接著透過公式(7)把兩像素相減：

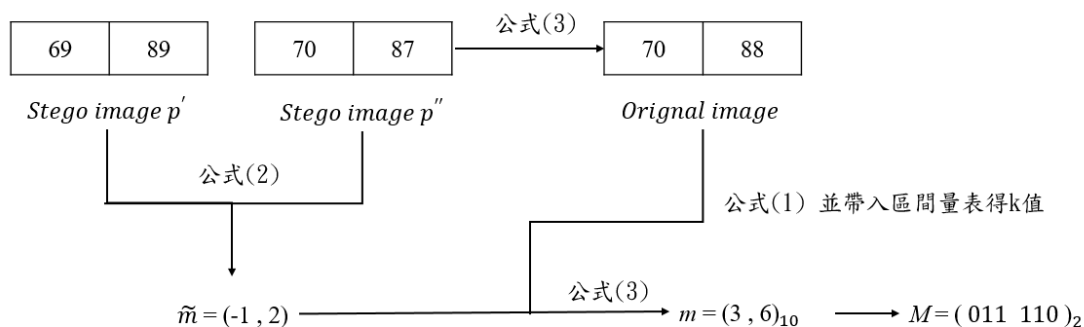
$$d = |70 - 88| = 18 ,$$

接著帶入設定好的區間量表即可得知 k 值為3，最後將訊息 \tilde{m} 帶入公式(12)並轉換成二進制即可還原藏入的機密訊息：

$$m = -1 + 2^{3-1} = (3)_{10} = (011)_2 ,$$

$$m = 2 + 2^{3-1} = (6)_{10} = (110)_2 ,$$

機密訊息便被還原回來 $M = (011 110)$ 。圖七為還原過程圖例。



圖七：訊息取出與還原流程

3.3 上溢與下溢

在藏入機密訊息的過程中，當需藏入的訊息大於原始像素值時便有可能造成上/下溢位的問題，因此我們設定允許藏入的範圍在 $[2^{k-2}, 256-2^{k-2}]$ ，如果不在允許的範圍，則偽裝影像保持原來的像素值。這邊會這樣設定是因為以 2^k 的可能性為基礎，因為中間對折的關係讓變動的數值縮小到了 2^{k-1} ，又因為雙影像的影響，會在拆分成對半的數值，因此設定為 $\frac{2^{k-1}}{2}$ ，也就是 2^{k-2} 。還原的過程中，如果遇到了偽裝影像的像素值相同時，就需要確認是否在允許的範圍內，如果是在允許的範圍內，則依然有藏入訊息，能夠根據上方的還原公式還原出機密訊息，而不在範圍內的話則表示沒有藏入訊息。以 $p = \{1, 255\}$ 來說，此時所能藏入的訊息量 k

假設為 3，並假設藏入訊息為 $(000)_2=(0)_{10}$ 時，中間對折後的機密訊息為 $0-2^{3-1}=-4$ ，拆分成兩邊藏入偽裝影像中：

$$p' = 1 + \left\lfloor \frac{-4}{2} \right\rfloor = -1 ,$$

$$p'' = 1 - \left\lfloor \frac{-4}{2} \right\rfloor = 3 ,$$

便會造成溢位問題。此時無法藏入訊息，偽裝像素值即等於原始像素值。

肆、實驗結果

本研究與 2015 年 Lu *et al.* [6] 基於雙影像的方法進行比較，使用 6 張 512x512 的灰階影像進行實驗測試，使用的影像如圖八所示。本文以 bpp 來衡量藏入量，公式如下：

$$\text{bpp} = \frac{c}{h \times w} \quad (13)$$

其中 c 為單張偽裝影像所能藏入的資訊負載量， $h \times w$ 為原始輸入影像的大小。影像品質則以 Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) 來衡量兩張偽裝影像與原始影像的差異，公式如下：

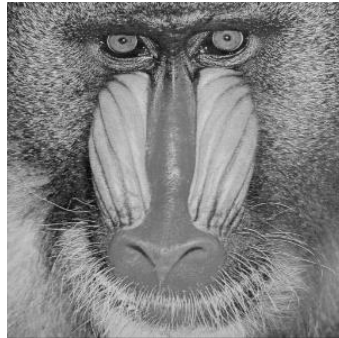
$$\text{PSNR} = 10 \times \log_{10} \left[\frac{255^2}{\frac{1}{h \times w} \times \sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^w (x'_{ij} - x_{ij})^2} \right] (dB) \quad (14)$$

x'_{ij} 為偽裝影像像素值， x_{ij} 為原始影像像素值。

本文所提出的方法因可以設定不同的區間量表，這裡預設了 5 種不同的量表來測試，如圖九所示，藏入數據則以隨機亂數產生 0 與 1 的方式，實驗結果如表 1 與圖 10。因產出的偽裝影像為雙影像，因此會有 PSNR(1) 代表第一張偽裝影像與 PSNR(2) 代表第二張影像，PSNR(Avg) 為兩張影像平均值， c 為總藏入量。從圖十中可以發現，在區間量表(1)與(2)的狀況下，可以擁有不錯的 PSNR，而在(4)與(5)的時候則是擁有較高的藏入量，因此，本篇以量表(2)與(5)來和 Lu *et al.* 的方法做比較，設定 k 值為 2 與 3，實驗結果如表三與圖十一。



Lena



Mandrill



Pepper



Lake



Airplane



Tiffany

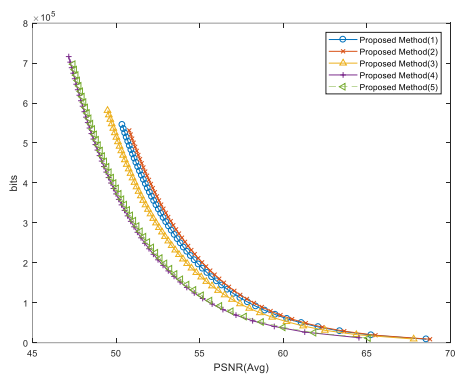
圖八：實驗影像

	0	2	4	8	16	32	64	128	256
(1)	2	2	2	3	3	2	2	2	
(2)	2	2	2	2	3	3	3	3	
(3)	2	2	3	3	3	3	3	3	
(4)	3	3	2	2	2	2	2	2	
(5)	3	2	2	2	3	3	3	3	

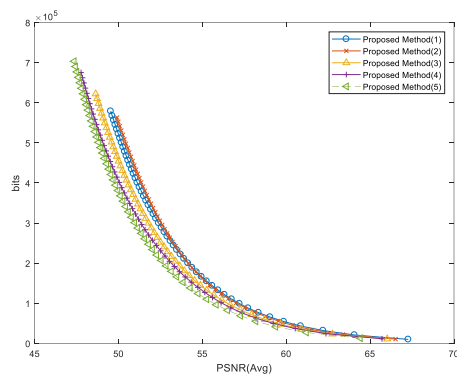
圖九：實驗區間量表

表三：在不同的區間量表與影像下之藏入量與影像品質比較表

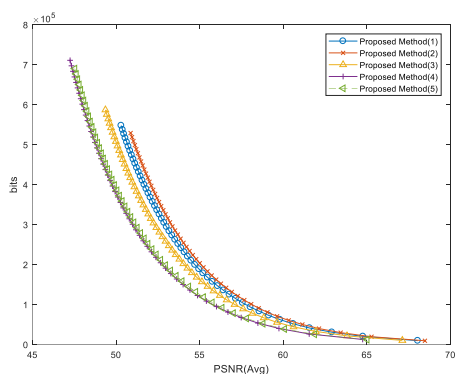
區間量表	尺度	Lena	Mandrill	Pepper	Lake	Airplane	Tiffany
(1)	PSNR (1)	50.38	49.51	50.31	49.92	50.66	50.50
	PSNR (2)	50.37	49.53	50.31	49.91	50.67	50.49
	PSNR (Avg)	50.38	49.52	50.31	49.91	50.66	50.50
	c	545,662	579,050	547,592	563,460	536,194	540,966
(2)	PSNR (1)	50.79	49.91	50.86	50.55	50.86	50.88
	PSNR (2)	50.81	49.91	50.86	50.56	50.86	50.88
	PSNR (Avg)	50.80	49.91	50.86	50.55	50.86	50.88
	c	531,426	563,164	528,882	539,768	529,128	528,546
(3)	PSNR (1)	49.48	48.64	49.36	49.04	49.93	49.67
	PSNR (2)	49.48	48.67	49.36	49.03	49.93	49.66
	PSNR (Avg)	49.48	48.65	49.36	49.04	49.93	49.66
	c	581,244	622,124	586,758	602,114	563,146	573,422
(4)	PSNR (1)	47.16	47.75	47.26	47.46	46.93	47.09
	PSNR (2)	47.18	47.74	47.26	47.47	46.94	47.09
	PSNR (Avg)	47.17	47.75	47.26	47.47	46.94	47.09
	c	716,206	675,326	710,692	695,336	734,304	724,028
(5)	PSNR (1)	47.43	47.33	47.52	47.51	47.26	47.43
	PSNR (2)	47.44	47.34	47.53	47.51	47.26	47.42
	PSNR (Avg)	47.43	47.34	47.53	47.51	47.26	47.42
	c	697,174	703,472	689,926	691,752	710,720	699,390



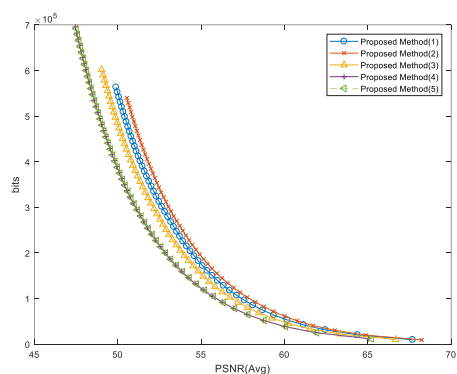
Lena



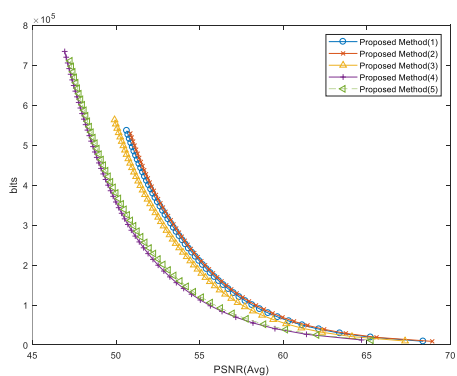
Mandrill



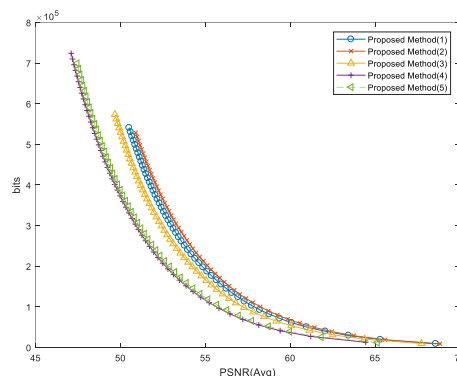
Pepper



Lake



Airplane

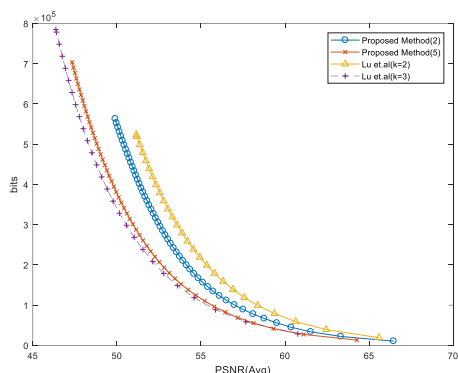


Tiffany

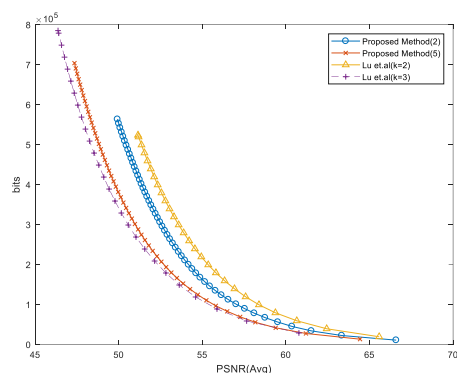
圖十：在不同的區間量表與影像下之藏入量與影像品質比較圖

表四：與 Lu *et al.* [6]的方法比較在不同的區間量表下之藏入量與影像品質比較
 表

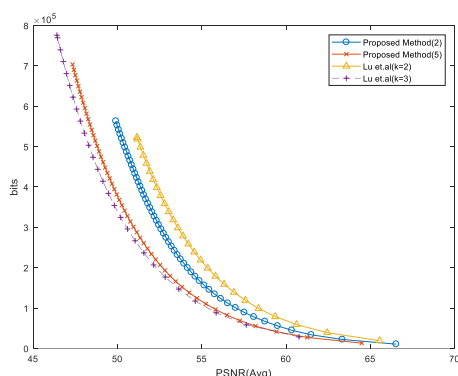
方法	尺度	Lena	Mandrill	Pepper	Lake	Airplane	Tiffany
所提出的方法(2)	PSNR (1)	50.79	49.91	50.86	50.55	50.86	50.88
	PSNR (2)	50.81	49.91	50.86	50.56	50.86	50.88
	PSNR (Avg)	50.80	49.91	50.86	50.55	50.86	50.88
所提出的方法(5)	c	531,426	563,164	528,882	539,768	529,128	528,546
	PSNR (1)	47.43	47.33	47.52	47.51	47.26	47.43
	PSNR (2)	47.44	47.34	47.53	47.51	47.26	47.42
Lu <i>et al.</i> ($k=2$)	PSNR (Avg)	47.43	47.34	47.53	47.51	47.26	47.42
	c	697,174	703,472	689,926	691,752	710,720	699,390
	PSNR (1)	51.16	51.14	51.17	51.14	51.15	51.18
Lu <i>et al.</i> ($k=3$)	PSNR (2)	51.14	51.16	51.15	51.16	51.16	51.18
	PSNR (Avg)	51.15	51.15	51.16	51.15	51.15	51.18
	c	523,264	523,264	522,756	523,264	523,264	520,550
Lu <i>et al.</i> ($k=3$)	PSNR (1)	46.37	46.38	46.44	46.38	46.40	46.41
	PSNR (2)	46.38	46.36	46.42	46.38	46.39	46.43
	PSNR (Avg)	46.37	46.37	46.43	46.38	46.40	46.42
	c	784,896	784,896	775,938	784,866	784,896	777,357



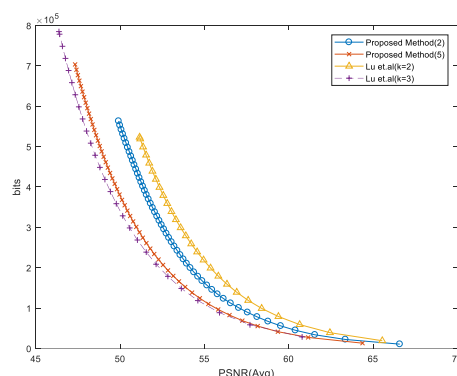
Lena



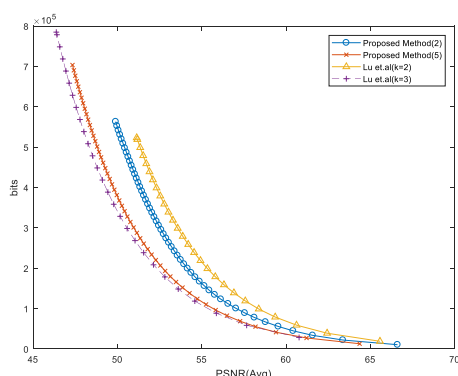
Mandrill



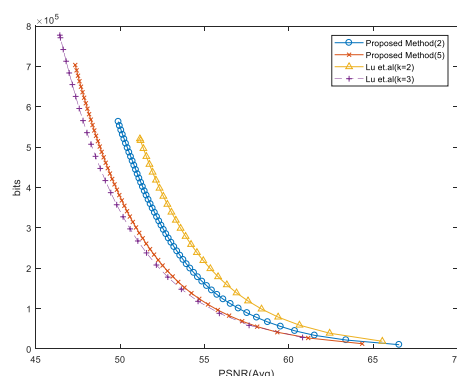
Pepper



Lake



Airplane



Tiffany

圖十一：與 Lu *et al.* [6]的方法比較在不同的區間量表下之藏入量與影像品質比較圖

以 Lu *et al.* [6]方法為基準設定 $k=2$ 時，PSNR 較高但藏入量較低， $k=3$ 則有高藏入量但低 PSNR。所提出的方法夾在兩者之間，表示本文的方法能夠在兩者

之間彈性的抉擇，在藏入量高與影像品質之間做平衡，當需要藏入量高但品質也不希望太差時，即可透過修改區間量表在區間中使用較大的 k 值，如果要品質好的話則保持在 $k=2$ 較多，並穿插些許 $k=3$ 的數值。

伍、結論

本文提出了基於雙影像使用中間對折法的可逆式資訊藏入法，修改了原本 Lu *et al.* [6]的方法，在過程中加入了區間量表，利用一組區塊中，兩個像素之間的差異來確認所能夠藏入的位元數，並在藏入時利用中間對折法減少了影像品質的流失，達成能夠彈性選擇需要高藏入量或者是好的影像品質，例如在保持好的 PSNR 值狀況下，藏入更多的資訊，或者是高藏入量的狀況下保持著良好的影像品質。

未來工作主要是利用先分析影像內差異值大多分布在區間量表的哪個區塊，做落點分析，以更加改善影像品質與藏入量。

[誌謝]

本研究由科技部贊助，計畫編號為 MOST 105-2221-E-324 -020。

參考文獻

- [1] K. C. Choi, and C. M. Pun, "Adaptive image encryption for high capacity reversible data hiding," *2017 IEEE Conference on Dependable and Secure Computing*, Taipei, Taiwan, 2017.
- [2] F. Huang, X. Qu, H. J. Kim, and J. Huang, "Reversible data hiding in JPEG images," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 26, No. 9, pp. 1610-1621, 2016.
- [3] K. H. Jung, and K. Y. Yoo, "High-capacity index based data hiding method," *Multimedia Tools and Applications*, Vol. 74, No. 6, pp. 2179-2193, 2015.
- [4] W. C. Kuo, C. C. Wang, and H. C. Hou, "Signed digit data hiding scheme," *Information Processing Letters*, Vol. 116, No. 2, pp. 183-191, 2016.
- [5] T. C. Lu, C. Y. Tseng, and J. H. Wu, "Asymmetric-histogram based reversible

- information hiding scheme using edge sensitivity detection,” *Journal of Systems and Software*, Vol. 116, pp. 2-21, 2016.
- [6] T. C. Lu, J. H. Wu, and C. C. Huang, “Dual-image-based reversible data hiding method using center folding strategy,” *Signal Processing*, Vol. 115, pp. 195-213, 2015.
- [7] S. Y. Shen, and L. H. Huang, “A data hiding scheme using pixel value differencing and improving exploiting modification directions,” *Computers & Security*, Vol. 48, pp. 131-141, 2015.
- [8] J. Tian, “Reversible data embedding using a difference expansion,” *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 13, No. 9, pp. 890-896, 2003.
- [9] P. Tsai, Y. C. Hu, and H. L. Yeh, “Reversible image hiding scheme using predictive coding and histogram shifting,” *Signal Processing*, Vol. 89, No. 6, pp. 1129-1143, 2009.
- [10] H. C. Wu, N. I. Wu, C. S. Tsai, and M. S. Hwang, “Image steganographic scheme based on pixel-value differencing and LSB replacement methods,” *IEE Proceedings - Vision, Image and Signal Processing*, Vol. 152, No. 5, pp. 611-615, 2005.

[作者簡介]

呂慈純，台灣省桃園縣人，先後就讀於朝陽科技大學資訊管理系、資訊管理研究所和國立中正大學資訊工程研究所，於民國九十五年取得博士學位，現任朝陽科技大學資訊管理系副教授。目前的研究興趣包括有資料庫、資料探勘、資訊隱藏、資訊擷取、影像處理、影像壓縮、生物資訊等。

楊甯，台灣省彰化縣人，於民國一〇六年畢業於朝陽科技大學資訊管理系，現就讀於朝陽科技大學資訊管理系研究所。

張庭綺，台灣省嘉義縣人，於民國一〇七年畢業於朝陽科技大學資訊管理系，現在就讀於國立中興大學資訊管理研究所。