

應用於 JPEG2000 影像品質保證之資料隱藏法

何裕琨

國立成功大學

電機工程學系

ykho@mail.ncku.edu.tw

李嘉紘

崑山科技大學

資訊管理系

jhlee@mail.ksut.edu.tw

黃琨富

國立成功大學

電機工程學系

q3692129@ccmail.ncku.edu.tw

摘要

鑑於新一代的影像壓縮技術 JPEG2000 擁有更佳的影像壓縮率與品質，JPEG2000 核心編碼技術 EBCOT(Embedded Block Coding with Optimized Truncation)將編碼完的位元流包裝成許多層，因此本文針對 JPEG2000 具有之分層編碼與漸進式傳輸之模式，提出一種能對 JPEG2000 之影像品質保證之資料隱藏法，此方法在預先設定之資料隱藏控制資訊之控制下，可使用順向或反向之方式來藏入資料，在既定之影像壓縮位元率下，能依照使用者對影像品質的要求來藏入適當之資料量。而解碼端的使用者則能在解壓縮時取得既定品質之影像及隱藏之資料。經實驗結果，提出之方法比傳統的資料隱藏法所解碼出來的影像品質來的好，尤其是在低位元率與高資料量時則越為明顯。

關鍵詞：JPEG2000、資料隱藏、品質保證、影像保護

一、前言

隨著網路技術的進步，使得各種多媒體資訊，很輕易地經由網路取得，雖然這是網路時代所帶來的便利性，但也因此衍生出網路上影像被盜用或是重要資料被擷

取的問題，若我們能將重要資料隱藏在偽裝影像中，讓人誤以為此影像中無其它重要資料，即可達到傳輸與保護資料的目的。

一般說來，資訊隱藏技術主要可分為兩大類應用，一則是數位浮水印(Watermarking)，另一則是資料隱藏(Data Hiding)。數位浮水印的資料量通常都很小，主要著重在藏入資訊(浮水印)的強韌性，這樣才能確保當數位媒體被不肖的使用者攻擊或竄改時，依然能從數位媒體中萃取出浮水印來證明這個數位媒體的擁有權，而資料隱藏所著重在於，對原始媒體的品質影響不大之下，可藏入大量的資料量。

一般而言，資料隱藏常借助影像壓縮技術，來壓縮偽裝影像，使得偽裝影像的檔案大小可以變得更小，有利於傳輸過程，可以減少傳送時間。過去的影像壓縮技術對目前使用者的需求已經不敷使用，而新一代影像壓縮技術 JPEG2000 支援感興趣範圍編碼(Region of Interest)與漸進式傳輸模式(Progressive Transmission)，其中 JPEG2000 有個獨特的分層(Layer)編碼方式，把影像資料分成許多分層，越前面的分層所包含的資料越重要，此種編碼提供使用者在接收影像時可以用漸進式模式來傳送。一開始用有限的資料量先傳送影像的分層 0 (Most Significant Layer；MSL)，使整張影像有大概的輪廓，之後再依使用

者對影像品質的要求，陸續傳送分層 1、分層 2、...、分層 n (Least Significant Layer; LSL)，使影像越來越清楚，若影像在傳輸過程中，發現此影像非使用者所要，可以隨時中斷傳輸，因此可節省等待時間與網路頻寬，因此利用漸進式傳輸與分層編碼等特性，來達到資料隱藏與品質保證的效果是一個值得探討的問題。

目前資料隱藏技術主要的研究方面，大致上可分為兩類：一則是在空間域上藏入資料，另一則是在頻率域上藏入資料。在空間域中最常用的技術是更改影像的像素值的 LSB (Least Significant Bits)，來減低對影像品質的影響且達到資料隱藏目的，而在頻率域中選擇對人眼較不敏感的中、高頻係數來藏入資料。

目前在 JPEG2000 影像格式中一般將資訊嵌入的位置有三個[9][10]，一是小波係數中[6]，其次是經量化的小波係數中[11]，最後則是利用第二層編碼器(Tier-2 Encoder)之分層[5][7][9][10]。把資料直接嵌入在小波係數中，其好處在於較空間域的資料隱藏技術擁有更佳的品質，且影像遭受攻擊時，強韌度較好，但缺點是係數經量化後會有資料流失的可能性。若將資訊隱藏在量化後的小波係數中，其優點可以避免因量化階段的失真而造成嵌入資料的不正確，但缺點是藏入的資料量不大且經過 JPEG2000 之區塊最佳壓縮編碼(Embedded Block Coding with Optimized Truncation)後，藏入的資料還是會流失，所以此部份比較適合資料量較少之浮水印之應用。若把資料嵌入在 JPEG2000 分層編碼器的封包中，其優點是能確保有嵌入資料的完整性，接收端能正確無誤地取出嵌入的資料，但若不詳加探討嵌入方法，會因為封包內的資料須經過編碼器緊密的壓縮，若是隨意地修改封包，可能會造成

影像嚴重的失真的結果。

最近應用於 JPEG2000 的資料隱藏技術，甚多是利用 JPEG2000 第二層編碼器的分層編碼方式，把資料嵌入在第一個分層裡，來確保嵌入資料不會因為 JPEG2000 的 EBCOT，造成資料的流失。在 P. C. Su 等人[9][10]方法中，在資料嵌入在適當分層裡的編碼程序中，採用的是反向之嵌入順序(Backward embedding)，此方法對 JPEG2000 影像能藏入大量的資料且擁有較好的保密性。而在 J. Chen 等人[5]的方法裡，則嵌入在最後分層裡之解析層 RO、R1 及 R2 中，能保有不錯的影像品質。而 M. Kurosaki 等人[7]方法是基於 JPEG2000 影像利用資料隱藏技術提出了另一種錯誤修正(Error Correction)方法，把前 N-1 個分層資料經過錯誤修正程序，產生修正碼，再這些修正碼嵌入到最後分層裡，若前 N-1 分層有損毀時，再從最後分層中抽取修正碼來修正資料。但上述這些方法中並未提及在解碼端依照使用者對影像品質之要求下嵌入資料，而在解碼端能萃取出藏入的資料並且能保證影像解壓的品質仍在使用者所要求的品質內。

因此本文所提出應用於 JPEG2000 影像具品質保證之資料隱藏方法，在編碼端能依照使用者要求的影像品質在既定之壓縮位元率下，利用 JPEG2000 EBCOT 之分層編碼之方式，在最後分層中藏入適當的資料量，採用可預先設定之資料隱藏的控制資訊之控制下，可採取順向或是反向來嵌入適當之資料量，而解碼端接收到此藏有資料之偽裝影像時，萃取出隱藏資料並能解碼出保有原有品質之影像。此方法若再加上對隱藏資料之保護機制，或將影像之有興趣區域萃取出再加密藏入經馬賽克處理的偽裝影像中，既可達到預防影像在傳送過程中，影像之有興趣區域被擷取及

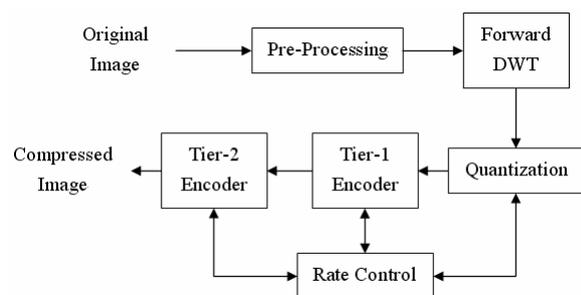
盜用之目的。在第二節將介紹 JPEG2000 壓縮流程，第三節為本論文所提出之 JPEG2000 影像具品質保證之資料隱藏法，而第四節為實驗結果與討論，最後第五節為結論與未來展望。

二、JPEG2000 影像壓縮技術

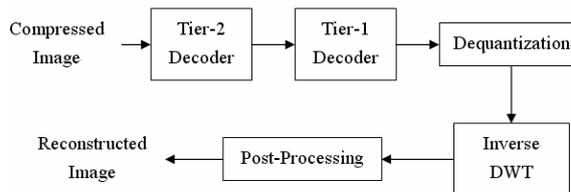
有關本文所採用的 JPEG2000 壓縮技術為遵循 FCD Part1(JPEG2000 Part1 Final Committee Draft Version 1.0)標準格式，其中 EBCOT 主要包含了熵編碼與位元配置演算法。

2.1 JPEG2000 壓縮流程

JPEG2000 整個影像壓縮系統架構如圖 2-1 所示，大致上，解碼是編碼的反運算，所以，只要順著編碼器的執程序，將它反之，即為解碼器所執行的程序，其編碼的過程，可以分為五個階段：前置處理(Pre-Processing)、離散小波轉換(Discrete Wavelet Transform, DWT, DWT)、量化(Quantization)、區塊最佳化壓縮編碼(Embedded Block Coding with Optimized Truncation, EBCOT)及位元率配置(Rate Control)機制；在解碼端包含後置理處(Post-Processing)、反小波轉換(Inverse Discrete Wavelet Transform, IDWT)、解量化(Dequantization)及區塊最佳化壓縮編碼這四個階段。



(a) 編碼器架構



(b) 解碼器架構

圖 2-1 JPEG 2000 壓縮標準流程圖

JPEG2000 首先會利用前置處理將龐大的影像加以分割並進行色彩轉換等程序，再來利用離散小波轉換將空間域的影像轉換成頻率域的資料，一般 JPEG2000 內定值為 5 次小波轉換，故本文所用之 JPEG2000 皆為 5 階小波轉換。之後所得到的係數再經過量化階段，來進行第一階資料壓縮，而 JPEG2000 會因不同的 Subband，量化器中的量化步階(quantization step size)也會有所調整，愈高頻的 Subband 之量化步階就越大，壓縮比也越大。在量化完得到的資料會經最佳化區塊編碼(Embedded Block Coding with Optimized Truncation; EBCOT)是一種嵌入式位元層編碼技術，其中它包含了二個編碼器與一個位元控制。在第一層編碼器(Tier-1 Encoder)為編碼區塊主要編碼程序的演算法，第二層編碼器(Tier-2 Encoder)主要工作是要將第一層編碼器的各個編碼程序所產生的資料給包裝起來，形成一個一個的封包(Packet)，位元率配置(Rate Control)的功能在決定量化器的量化步階大小(Quantization step size)以及決定那些編碼程序的輸出碼應該被放入封包裡。其決定的依據是以位元率-失真度(rate-distortion)的理論來做為考量，以得到最佳的壓縮效果。

JPEG2000 將每個頻帶切割成許多不重疊的正方形區塊，而每個區塊將獨立地進行 EBCOT 編碼流程，故每個區塊又稱為編碼區塊(code-block)，而編碼區塊的大小為 2 的次方，通常為 16×16、32×32、64×64 的區塊。在每個編碼區塊中，量化後的小波係數是以位元平面(Bit plane)表示，EBCOT 編碼先從最高位元平面(即最

重要位元平面)開始編碼,然後再換下一個較不重要的位元平面,最後才是最不重要位元平面。同時每個位元平面都會經過三個編碼程序(coding pass)進行編碼,而這三個編碼程序為三種不同的編碼法則,而且每個編碼程序都配合著不同的編碼運算一起編碼,之後送出編碼完的位元流,而這三種編碼程序分別為有意義點判斷程序(significance propagation pass)、數值增量點判斷程序(magnitude refinement pass)及清除的程序(clean up pass)。

2.2 JPEG2000 之分層格式

在EBCOT之Tier-1 Encoder中,每個編碼區塊的不同位元率與對應誤差值,都會在編碼過程中被計算來,並將資料儲存,以便於Tier-2 Encoder作資料封包時,能夠快速決定那些的編碼區塊的資料要被包入最後的位元流裡。而第二層編碼器中,處理的位元流是以一個編碼程序資料為基本單位,用一種獨特的Layer方式來編碼,把第一層編碼器送出來的壓縮資料依據位元率-失真度(rate-distortion),找出每個編碼區塊裡連續位元資料在每一個分層中的最佳截斷點,以達到最佳的影像品質。原始編碼區塊在經過第一層編碼器後,編碼區塊的資料形態便由小波係數轉成編碼程序的位元流,而且每個編碼區塊之各個位元平面向包含了數個編碼程序資料。

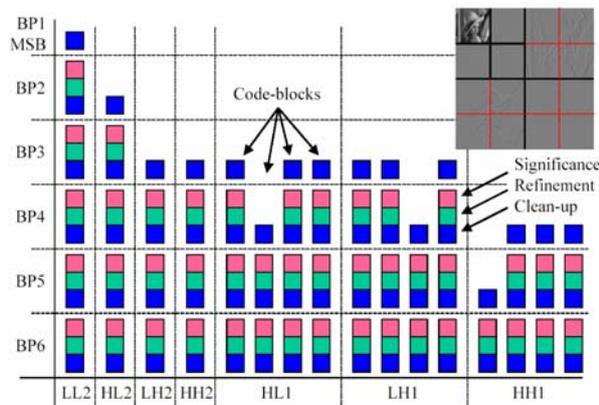


圖2-2 編碼區塊的各位元平面所包含編碼程序之示意圖[15]

圖2-2之HL1頻帶為例,HL1裡有四個編碼區塊,而這四個編碼區塊中,除了第二個編碼區塊從BP4到BP6之外,其它三個編碼區塊從BP3到BP6位元層都擁有編碼程序資料。因此在分層編碼過程中,以編碼程序資料作為斷點的選擇,將編碼區塊分到不同的分層,在每一個分層中,所有編碼區塊包含的編碼程序資料可以從零到數個,也就是某些編碼區塊在某個分層可能無編碼程序資料。

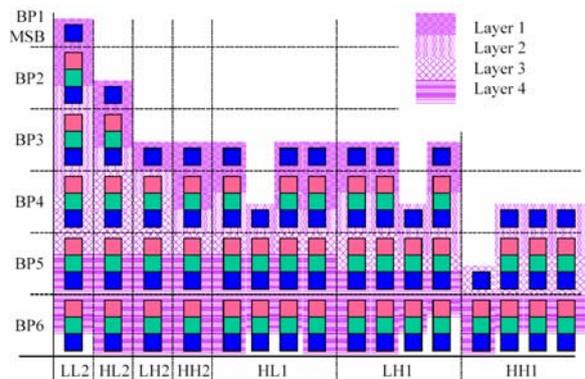


圖2-3 分層(Layer)的架構圖[15]

圖2-2為圖2-3的影像資料分成四個Layer來傳送,其中Layer 1包含了最重要的資料,再來就是Layer 2,而Layer 4是最不重要的資料。一張影像的分層數目可以從1到65535,一般情況下大約在20個分層左右,其中分層包含的編碼程序越多,影像還原的品質就越好。當位元率配置演算法結束之後,某些編碼區塊中剩餘的資料沒有被分配在分層裡,則這些資料將會被位元率配置演算法所捨棄,來達到所指定的壓縮位元率。最後分配到分層中的資料會被封裝成一個一個封包,組成JPEG2000位元流。

三、具品質保證之資料隱藏法

本論文所提出之 JPEG2000 具影像品質保證之資料隱藏法,能依使用者要求之影像品質,藏入適當的資料量,在既定之壓縮位元率下,在解碼端除了可取得隱藏資料外而影像品質仍保證在使用者所指定之範圍。

3.1 藏入之位置

圖 3-1 為本論文中所提出之應用於 JPEG2000 影像具品質保證的資料隱藏法之嵌入流程圖。

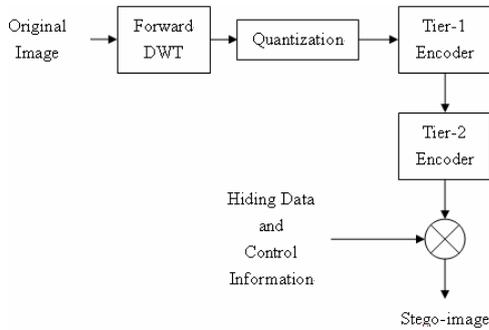


圖 3-1 具品質保證資料隱藏法之嵌入流程圖

小波係數經過第一層編碼器(Tier-1 Encoder)，利用三個編碼程序和四種編碼技術，把每個編碼區塊分成位元平面層來進行編碼動作，之後整張影像的小波係數就轉換成編碼程序位元流，再把這些位元流傳送給第二層編碼器(Tier-2 Encoder)依據壓縮位元率來作分層編碼動作，把越重要的資料分配到越前面的分層裡，而在分層編碼中，決定那些編碼程序需被包入分層中或是被捨棄掉這個過程之後，最後分層裡的資料會形成一個一個的封包。

為了達到品質保證及控制藏入資料量之目的，在圖 3-1 控制資訊中，因為所提出之方法擁有兩種嵌入資料的模式，因此決定嵌入模式之後，在控制資訊中需要指定使用那種嵌入模式，方便解碼端依照不同的嵌入模式來決定如果萃取隱藏之資料與解碼之影像，之後控制資訊連同隱藏資料一起嵌入到影像的分層中，最後可得到一張藏有資料的偽裝影像。

3.2 資料隱藏之控制資訊

為了能達到具控制影像品質及藏入

資料量之效果，我們將控制資料藏入之控制資訊規劃為一個控制資料方塊來記錄我們隱藏資料的大小、使用嵌入的模式、與各模式之下所需要的資訊。在此利用 JPEG2000 位元流中最後固定 10 bytes 來作為控制資料方塊的嵌入位置，在解碼端時，先會從接收到的偽裝影像之最後 10 bytes 萃取出控制資料方塊之控制資訊，再依照所取出的控制資訊進行下一個步驟，圖 3-2 為控制資料方塊中控制資訊之規劃，圖中可看出控制資料方塊擁有 10 bytes，切分五個部份，依序為 H、W、Y、X 與 I，每個大小皆為 2 bytes，其中 I 為 JPEG2000 位元流之最後 2 bytes，而 H 為離檔案尾部分較遠的位元組，在 H、W、Y 和 X 這四個位置是記錄影像保護機制中有興趣區域的資訊，H 為 ROI 的高度，W 為 ROI 的寬度，Y 為 ROI 在 Y 軸的坐標，X 為 ROI 在 X 軸的坐標。而 I 為主要控制隱藏資料之控制資訊，又可以細分為 16 個 bits，第 0 個 bit 是用來記錄採用之嵌入順序的模式，若嵌入順序為反向嵌入，則第 0 個 bit 的值為 0，相反的話，若為 1 的話，則為順向嵌入，而這兩種嵌入順序在 3.3 節與 3.4 節會詳加說明。

3.3 反向嵌入(Backward Embedding)

隱藏資料反向嵌入的程序可分為三個步驟：第一步驟：挑選出適當的壓縮位元率。第二步驟：設定控制資料區塊之控制資訊。第三步驟：嵌入隱藏資料。

在第一步驟中，依照使用者對影像品質的要求，得出對這張影像品質之既定位元率，並依照嵌入的資料量，挑選出一個適當的壓縮位元率來當做偽裝影像之壓縮位元率，使之在解碼端仍保有使用者要求的影像品質。但前題是偽裝影像的位元率之品質一定要高於使用者既定之位元率。

以影像 Lena 為例，若使用者對影像品質的需求不能低於 33dB，依表 3-1 得知既定之壓縮位元率為 0.20bpp，若嵌入資料量為 3000 bytes，在表 3-1 可以看出影像 Lena 在壓縮率為 0.2bpp 時，檔案大小為 6630 bytes 且保有的影像品質為 33.25dB，因此我們以位元率 0.2bpp 為既定之位元率，往上提昇位元率，最後得到影像資料量至少需要 9630 bytes 以上，依下列位元率公式 (3-1) 所得，壓縮位元率至少要在 0.3bpp 以上。因此依照表 3-1 的資訊，使用者可挑選影像位元率為 0.32bpp 當成影像壓縮位元率。其影像資料位元率的定義如下：

$$\text{影像資料量} = I_w \times I_h \times Br \quad (3-1)$$

其中 I_w 為影像的寬度， I_h 為影像的高度， Br 為影像中每個像素所用之位元數。第二步是依照使用者藏入的資料大小與選擇嵌入順序的模式來設定控制資料方塊的控制資訊，在解碼時可依照此控制資訊，萃取出藏入的資料與解碼出保有原始品質之影像。第三步，將隱藏資料與控制資料方塊之控制資訊依照反向嵌入順序藏入分層中。在這步驟中，將資料與控制資訊嵌入 JPEG2000 格式中，嵌入的位置與順利為從最後一個分層之最後一個位元開始嵌入，然後往前面位元藏，直到資料藏完為止，嵌入方法是最簡易的取代法，用隱藏的資料取代原始封包的值。

3.4 順向嵌入(Forward Embedding)

一般而言，大部份的資料隱藏方法都只針對最後分層來嵌入資料，加上若嵌入的位置超過最後第三個分層，則對影像品質就會大大降低，就失去資料隱藏的意義，再者最後二個分層已有足夠容量讓使用者來嵌入資料，因此我們提供最後二個

分層共 12 個解析層讓使用者挑選要嵌入的解析層，來達到資料隱藏目的。其嵌入步驟如下：第一步驟：設定適當的壓縮位元率與解析層。第二步驟：設定控制資料區塊之控制資訊。第三步驟：嵌入隱藏資料。

在第一步驟中，根據使用者所要求的影像品質來選擇此張影像品質之既定位元率，使得在解碼出的影像仍在使用者所要求的品質範圍內，再依據藏入的資料量採用順向嵌入法來決定用到分層中那些解析層。以影像 Lena 為例，若使用者所要求的影像品質為 32dB，而依照表 3-2 可知，影像 Lena 在壓縮位元率為 0.65bpp 時，若把最後分層之容量全部拿來藏資料，所得到影像品質為 32.63dB，因此以 0.65bpp 為使用者既定之壓縮位元率，使之在解碼端解出影像之品質仍保有 32dB 以上，再依照使用者所要藏入的資料量採順向嵌入順序，挑選出所要嵌入的解析層。在此所挑選之最後分層的容量需大於所要藏入的資料量。

第二步為利用所挑選好的解析層來設定控制資料區塊的內容，因此第 0 個 bit 為 1，用來區別反向嵌入，而依照所選擇的解析層，若有資料嵌入的解析層，則在相對應的元位值就為 1，反之則為 0，例如，選擇最後分層中解析層 R0 到 R2 為藏入的位置，控制資料方塊中，第 1 到 3 個 bit 都為 1，其餘第 4 到 12 bit 為 0，而 13 到 15 bit 不用。最後一步是將資料與控制資料方塊嵌入 JPEG2000 位元流中，嵌入方法為取代法。

3.5 隱藏資料之萃取

在資料萃取方面，圖 3-2 中當解碼器接收到藏密的偽裝影像時，在壓縮資料未經 EBCOT 第二層解碼器之前，萃取程序

在此先執行，把先前藏入的資料取出。其解碼程序為：第一步驟：萃取控制資訊。第二步驟：萃取隱藏資料。第三步驟：重建影像。

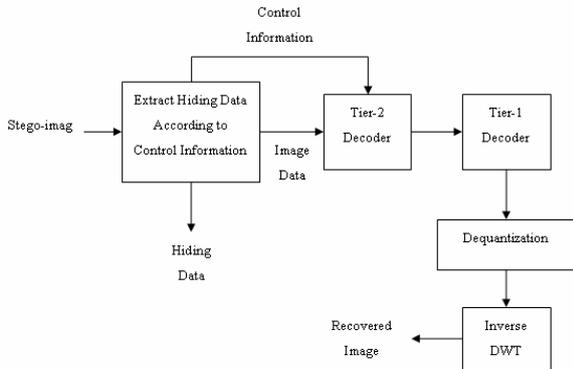


圖 3-2 具品質保證資料隱藏法之萃取流程圖

第一步中，當接收到藏密的影像時，在未經過影像解壓時，先將控制資訊萃取出才能萃取出資料或解碼出具品質保證之影像。再來就是萃取隱藏資料，依照控制資料方塊的控制資訊，若第 0 個 bit 為 0，也就是反向嵌入，則是依照藏入的資料量大小，取出藏入的資料，若第 0 bit 為 1，則是採用順向嵌入，依照控制資訊內所設定的解析層，解出藏入的資料。最後一步是解出重建的影像，利用控制資料方塊的控制資訊，若是順向嵌入模式，則全部位元都解碼出來，若是反向嵌入模式，則需先計算解碼位元長度，再依解碼位元長度進行解碼動作，讓解碼端知道此壓縮影像需解碼出多少位元，來得到最後重建的影像。

其計算解碼位元長度如下說明：依照使用者嵌入資料量的多寡且實際壓縮檔案的大小，計算出需要解碼的位元流長度，而實際壓縮檔案大小減掉嵌入的資料量就是解碼位元流長度。然後經過實驗結果得到，我們所計算出的解碼位元流長度經過解碼端並不能精準地解碼到所指到的影像位元流長度。其原因在第二層編碼層中切

割分層是以編碼程序為截斷點，所以每個分層所存放的資料是一個一個編碼程序，因此在解碼端解碼資料時也是以編碼程序為單位，若某個編碼程序藏有使用者的資料，不管這個編碼程序容量是否都藏完，在解碼端時，依照我們的解碼位元流長度，將捨棄此編碼程序而不解碼出來。

圖 3-2 中，影像被切割成 10 個分層，分層 0 為最重要的分層，反之，分層 10 為最不重要的。而每個分層有許多編碼程序，依照本論文的方法，把資料從最後分層開始嵌入，如圖中所示綠色為嵌入資料的編碼程序，在第 66 個編碼程序並未藏滿資料，但解碼端只解到第 65 個編碼程序。

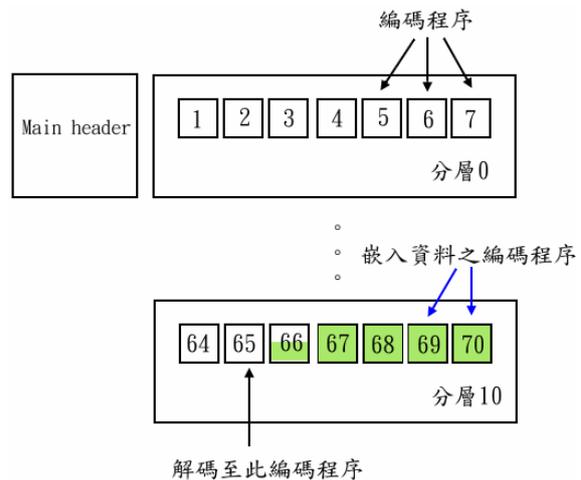


圖 3-3 解碼位元長流度示意圖

因為每個編碼程序的資料都是經過多層編碼器壓縮而成的，只要修改到編碼程序中任何一個值，就會造成編碼程序中資料嚴重的錯誤，對影像品質也就會影響很大。若有上述情況發生，解碼端會依照我們所定的解碼位元流長度，而向下減少位元數到下一個編碼程序，來確保影像品質。

3.6 資料隱藏應用於影像保護機制

有鑑於目前數位浮水印的影像保護機

制上，一般使用者在網路傳送的過程中，一張影像位元流若被擷取後，影像中 ROI 還是會被看到且可能被修改。在此我們提出具影像品質保證之隱藏法若加上影像保護之機制，圖 3-4 將未經 JPEG2000 壓縮的原始影像中取出 ROI 加以用 DES(Data Encryption Standard)加密後，成為欲藏入的資料，之後把原始影像中 ROI 經過馬賽克處理，形成另一張影像，再把資料藏入經馬賽克處理後的 JPEG2000 格式的影像裡。在影像回復方面，先從偽裝影像中取回藏入的 ROI 並解密，再利用取回的 ROI 回復影像中馬賽克部分，來達到預防影像在傳輸過程中，影像的 ROI 被擷取及盜用且由於採用所提出之具影像品質保證之資料隱藏法，所在影像品質上仍保有使用者所要求的品質。

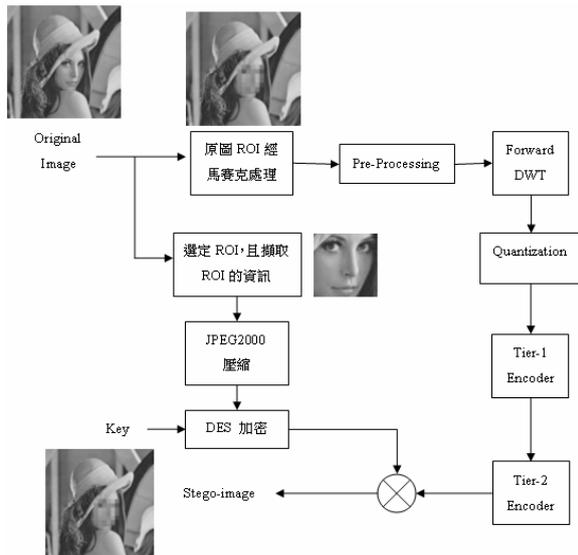


圖 3-4 應用於影像保護之編碼流程圖

由於此保護機制具有保有影像品質與 ROI 之保護，未來可將此機制應用於網路圖庫之買賣，賣家將欲販賣之影像經由此影像保護之方法，會到一把 Key 與藏有 ROI 資訊之偽裝影像，若買家欲擁有此張影像，需向賣家購買此張影像的 Key，才能解出完整的圖像。

四、實驗結果

本章節為本文所提出具影像品質保證之資料隱藏法的實驗結果與此方法之應用。有關實驗所使用的配備及環境條件如下：Microsoft XP Professional Service Pack 1 作業系統、AMD Athlon 1.2GHz、640 MB RAM、實驗程式碼為 JJ2000 VM4.1。

影像品質評估方法： $PSNR = 10 \times \log_{10} \frac{255^2}{MSE} dB$

對於本文提出之方法採用兩張 512*512 大小之灰階影像 Lena、Barbara 為測試對像，而實驗中所用 JPEG2000 壓縮為取 5 階小波轉換，因此每個分層中有六個解析層。在表 4-1、表 4-2 分別為影像 Lena、Barbara 採用反向嵌入之資料隱藏法，在不同位元率下嵌入不同的資料量所解出之影像品質，嵌入的資料為亂數產生，實驗的影像 PSNR 值為取 10 次實驗之平均值。

其中傳統方法所指的是一般 JPEG2000 資料隱藏於分層中，最常見的影像解碼方式，就是整張影像位元流長度全解碼出，而提出方法為本論文所提出具影像品質保證之資料隱藏法。在此次實驗中，本論文提出之方法所得到影像品質，不論是在高位元率、低位元率或是高容量下，都要比一般方法多 3dB 以上，甚至到達 10dB 左右。雖然一般方法在高位元率下藏入大量資料時，能保有不錯的影像品質，不過隨著位元率的下降，且藏入資料量的增加，影像品質也隨之大幅下降，甚至有些解出來的影像為人眼無法接受的品質。在資料攜帶量方面，以 Lena 0.2bpp 低位元率為例，在嵌入資料量 3000 bytes 高容量之後，影像攜帶量為 45.09%，而且影像品質仍在 30dB 以上，因此可以證明本論文之方法擁有不錯的影像攜帶量。

在此舉影像 Lena 來具體說明本論文所提出之方法，假設使用者對影像品質在 31dB 以上，根據表 4-3，位元率在 0.14bpp 下擁有 31.62dB 的影像品質，而檔案大小為 4561 bytes，因此我們挑選位元率 0.14bpp 為既定之壓縮位元率，若嵌入 2000 bytes 的資料量，則偽裝影像之壓縮位元率可選擇 0.2bpp，利用我們提出之方法，把資料嵌入在影像中，並能正確萃取出藏入的資料且解碼後的影像保不錯的品質。

圖 4-1(a)為影像 Lena 經 JPEG2000 壓縮後，所得到之影像，其壓縮位元率為 0.2bpp，檔案大小為 6630 bytes，而影像品質為 33.44dB，而圖 4-1(b)為 Lena 在 0.2bpp 位元率下，嵌入 2000 bytes 的資料量，並且全部解碼出所得到之影像，其 PSNR 為 22.703dB，人眼很清楚地辨別出影像已經遭到損毀。在圖 4-1(c)為使用本論文具影像品質保證之資料隱藏法所得到之影像，PSNR 為 31.506dB，但由於 3.5 節中隱藏資料萃取之第二步驟的因素，未能達到原始預設之 PSNR 31.62dB，不過解碼出之影像仍在可能接受值之內，且跟圖 4-1(a)很相近，人眼很難辨別兩張圖其差異性。

圖 4-2 為 Barbara 影像的實驗結果，若使用者對影像品質之要求為 24dB，且資料量為 2000Bytes，則(a)為 Barbara 經位元率 0.2bpp 壓縮之影像，其 PSNR：27.306dB，(b)為 Barbara 在 0.2bpp 位元率下，嵌入 2000 bytes 的資料量，並且全部解碼出所得到之影像，其 PSNR 為 17.294dB，(c) 為具品質保證方法解出的影像，PSNR 為 24.827dB。圖 4-2(b)用人眼很容易看出影像中有很多雜訊，且影像品質很差，而圖 4-2(c)影像品質跟圖 4-2(a)相差不大，只有 2.5dB 左右，實際上用人眼去辨視，兩張影像幾乎一樣。

圖 4-3 為 Lena 影像採用本文中順向嵌入隱藏法之結果，若使用者所要求的品質為 24dB，嵌入資料量為 500Bytes，且 Lena 在壓縮位元率 0.16bpp 下最後分層有 1014Bytes，若最後分層全部嵌入資料時，其品質為 24.92dB，因此我們挑選位元率 0.16 為既定的壓縮位元率，採順向嵌入資料，(a)為 Lena 經 0.16bpp 壓縮之影像，其 PSNR 為 32.306dB，(b)為順向嵌入法之解碼影像，其 PSNR 為 30.016dB，仍在使用者所要求品質之範圍內。

在影像保護應用之實驗上，所用的影像處理軟體為 Photo Impact 10，馬賽克處理設定參數為 10*10，圖 4-4 為本論文應用於影像保護之實驗結果，圖 4-4(a)為 Lena 原始影像，(b)為原圖經過馬賽克處理後的所得到之圖像，此圖像在此應用上對於 JPEG2000 壓縮是輸入的原始圖像，(c)為從原圖中所擷取的 ROI 影像，(d)為 ROI 影像經過 JPEG2000 位元率 0.38bpp 壓縮之後，其 PSNR 為 34.486dB，用來當作嵌入的資料，(e)為(b)經過 JPEG2000 位元率 0.38bpp 壓縮後，把壓縮後 ROI，也就是(d)嵌入在最後分層所得到的偽裝影像，(f)為經過解碼端所重建的影像，其 PSNR 為 36.823dB。其中 ROI 與偽裝影像經 JPEG2000 壓縮位元率是一樣的，若其中一個影像之位元率不同時，所重建的影像在 ROI 與 ROB 接觸邊緣會有不連續的現象，而破壞視覺上影像的品質。

五、結論

在本文中，我們利用 JPEG2000 之分層編碼方式提出一種具品質保證之資料隱藏法，可透過附加在隱藏資料中之控制資

訊利用順向或反向藏入方式，將資料隱藏在最後分層中的封包裡，來達到資料隱藏之目的。經由實驗證明可以達到具影像品質保證的目的。

在此隱藏法中，有兩種嵌入方式一為反向嵌入，二是順向嵌入。反向嵌入因為採用將資料藏入影像分層之最末端且只解碼到所需之位元長度，所以相較於順向嵌入法全部解碼而言，擁有較好的解碼後之影像品質，且在同 PSNR 之下能藏入較多的資料量，但相對地，隱藏資料都固定位於影像資料之最後，所以其保密性較差，而順向嵌入，因為是挑選適當分層之解析層來藏資料，並不是固定於影像之末端，所以擁有較佳的保密性。

此隱藏法若再加上影像保護之機制，將此影像之 ROI 資料萃取加密隱藏在原影像中，在解碼端接收到偽裝影像時，再把藏入之 ROI 取出並解密，既可達到預防影像在傳輸過程中，影像之 ROI 資料被擷取及盜用之目的。在未來的研究上，可考慮將此隱藏法應用於醫學影像方面，將病歷資料藏入於醫學影像中，而解碼時在不影響影像品質之下，能取得藏入之相關資料。

參考文獻

- [1] C. Christopoulos, A. Skodres and T. Ebrahimi, "The JPEG2000 still image coding system: an overview", *Consumer Electronics, IEEE Transactions on* Volume 46, Issue 4, Nov. 2000 Page(s):1103-1127
- [2] D. Taubman, "High performance scalable image compression with EBCOT", *Image Processing, IEEE Transaction on* Volume 9, Issue 7, July 2000 Page(s):1158-1170
- [3] <http://jj2000.epfl.ch/>
- [4] J. Chen, T. S. Chen and C. Y. Cheng, "A New Scheme of Image Data Hiding Based on EBCOT of JPEG2000 Lossy Compression", *Proceeding of the 2004 IEEE International Conference on Network, Sensing & Control Taipei, Taiwan, March*, pp. 21-23, 2004.
- [5] M. A. Suhail and W. L. Branch, "On the Digital Watermarking in JPEG2000", *Circuits and Systems, 2001. ICECS 2001. The 8th IEEE International Conference on Volume 2,2-5* pp.871-874 vol.2, Sept. 2001.
- [6] M. Kurosaki, K. Munadi and H. Kiya, "Error correction using data hiding technique for JPEG2000 images", *Image Processing, 2003. Proceeding. 2003 International Conference on Volume 3, 14-17 Sept. 2003* Page(s): III – 473-6 vol.2
- [7] M. Rabbani and D. S. Cruz, "The JPEG2000 Still-Image Compression Standard", (http://jj2000.epfl.ch//jj_publications/papers/011.pdf)
- [8] P. C. Su and C. C. Jay Kuo, "Information Embedded in JPEG-2000 Compressed Images", *Circuits and Systems, 2003. ISCAS '03. Proceedings of the 2003 International Symposium on Volume 3, pp. 802-805* vol.3, 2003
- [9] P. C. Su and C. C. Jay Kuo, "Steganography in JPEG2000 Compression Images", *IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol.49, No.4, November 2003.*
- [10] T. S. Chen, J. Chen and J. G. Chen, "A Simple and Efficient Watermarking Technique Base on JPEG2000 Codec", *IEEE Multimedia Software Engineering, 2003.*

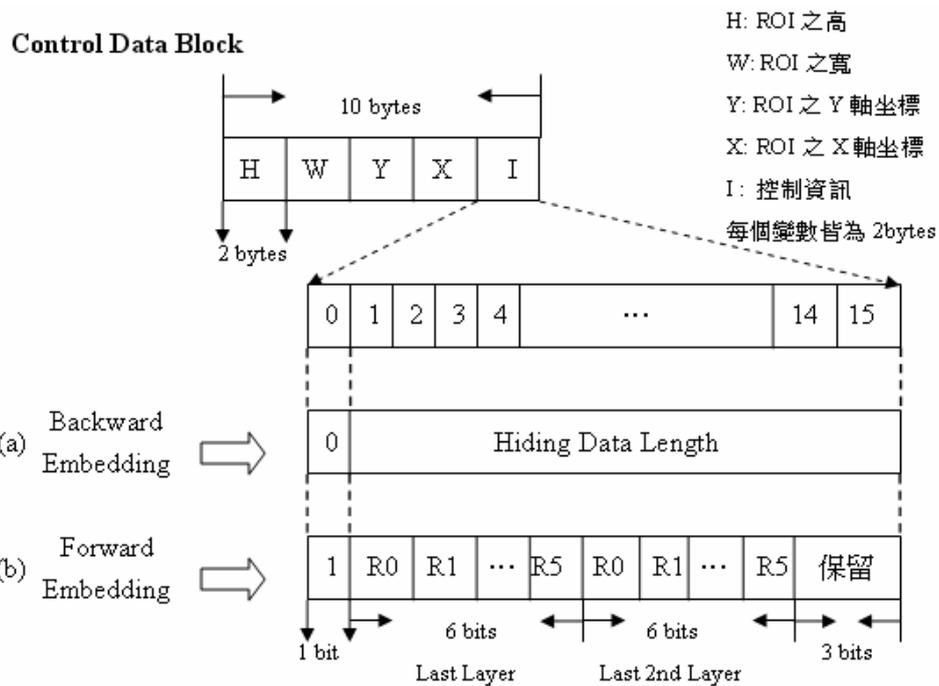


圖 3-2 控制資料方塊中控制資訊 bytes 與 bits 之規劃

表 3-1 灰階 Lena 在不同位元率之最後分層之資訊(反向嵌入)

Bit Rates (bpp)	Layer 總數量	最後 Layer 之解析層容量 (Byte)						最後 Layer 容量 (Byte)	檔案大小 (Byte)	影像品質 (dB)
		R0	R1	R2	R3	R4	R5			
0.70	19	4	51	193	477	673	11	1409	23149	42.57dB
0.45	16	0	12	118	493	1121	1272	3016	14732	38.18dB
0.32	15	0	24	201	362	942	617	2146	10716	36.16dB
0.20	13	3	31	57	213	385	32	721	6630	33.25dB
0.10	10	0	38	193	205	158	0	594	3366	30.05dB

表 3-2 灰階 Lena 在不同位元率下資料嵌入最後分層之資訊(順向嵌入)

Bit Rates (bpp)	Layer 總數量	最後 Layer 之解析層容量 (Byte)						最後 Layer 容量 (Byte)	最後分層中藏滿資料之影像品質 (dB)
		R0	R1	R2	R3	R4	R5		
1.0	20	0	7	137	874	2661	4714	8393	39.42dB
0.78	19	33	95	320	0	270	1820	2538	36.35dB
0.65	18	0	0	0	0	1604	2956	4560	32.63dB
0.45	16	0	18	118	493	1121	1316	3066	27.75dB
0.30	14	0	0	0	0	784	637	1421	25.54dB

表 4-1 影像 Lena 經資料隱藏後之影像品質

隱藏資料於灰階影像 Lena 之品質比較									
隱藏資料容量 (byte)	Bit Rate 1bpp 原始 PSNR(53.562dB)			Bit Rate 0.5bpp 原始 PSNR(39.147dB)			Bit Rate 0.2bpp 原始 PSNR(33.449dB)		
	傳統方法	提出方法	攜帶量	傳統方法	提出方法	攜帶量	傳統方法	提出方法	攜帶量
1000	46.452dB	50.201dB	3.06%	30.771dB	38.420dB	6.09%	25.401dB	32.648dB	15.08%
2000	43.869dB	48.374dB	6.12%	29.387dB	37.833dB	12.19%	22.508dB	31.506dB	30.16%
3000	42.662dB	47.084dB	9.18%	28.778dB	37.429dB	18.29%	19.873dB	30.256dB	45.24%

表 4-2 影像 Barbara 經資料隱藏後之影像品質

隱藏資料於灰階影像 Barbara 之品質比較									
隱藏資料容量 (byte)	Bit Rate 1bpp PSNR(37.117dB)			Bit Rate 0.5bpp PSNR(32.284dB)			Bit Rate 0.2bpp PSNR(27.306dB)		
	傳統方法	提出方法	攜帶量	傳統方法	提出方法	攜帶量	傳統方法	提出方法	攜帶量
1000	35.170dB	36.872dB	3.04%	28.624dB	31.678dB	6.02%	23.661dB	26.482dB	15.03%
2000	34.617dB	36.582dB	6.09%	27.608dB	31.246dB	12.05%	20.311dB	25.531dB	30.06%
3000	33.085dB	36.285dB	9.13%	27.115dB	30.860dB	18.08%	17.294dB	24.827dB	45.09%

表 4-3 影像 Lena 不同壓縮位元率之資訊

Bit Rate (bpp)	Layer 總數量	最後 Layer 之解析層容量 (Byte)						最後 Layer 容量 (Byte)	檔案大小 (Byte)	影像品質 (dB)
		R0	R1	R2	R3	R4	R5			
0.32	15	0	24	201	362	942	617	2146	10716	36.16dB
0.20	13	3	31	57	213	385	32	721	6630	33.44dB
0.14	11	30	0	91	138	89	0	348	4561	31.62dB



(a) Lena 在 0.2bpp 之影像，
PSNR : 33.449dB



(b) 為嵌入 2000bytes 之影像，
PSNR : 22.703dB



(c)具品質保證方法之解碼出影像，
PSNR：31.506dB

圖 4-1 影像 Lena 經資料隱藏之結果



(a)為 Barbara 在 0.2bpp 之影像

PSNR：27.306dB



(b)為嵌入 2000 bytes 之影像

PSNR：17.294dB



(c)為具品質保證方法之解碼出影像，
PSNR：24.827dB

圖 4-2 影像 Barbara 經資料隱藏之結果



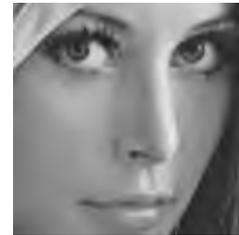
(a)經 0.16bpp 壓縮(PSNR=32.30dB) (b)順向嵌入之解碼影像(PSNR=30.01dB)

圖 4-3 影像 Lena 經順向嵌入隱藏法之結果



(a)Lena 原圖

(b)原圖經過馬賽克



(c)原圖之 ROI

(d)壓縮後之 ROI



(e)壓縮後嵌入 ROI 之偽裝影像

(f)重建之影像

圖 4-4 影像保護應用