

影像壓縮技術

戴顯權 國立成功大學電機系 教授

E-Mail:sctai@mail.ncku.edu.tw

陳文儉 大葉大學資訊工程學系 副教授

E-Mail:cwj@mail.dyu.edu.tw

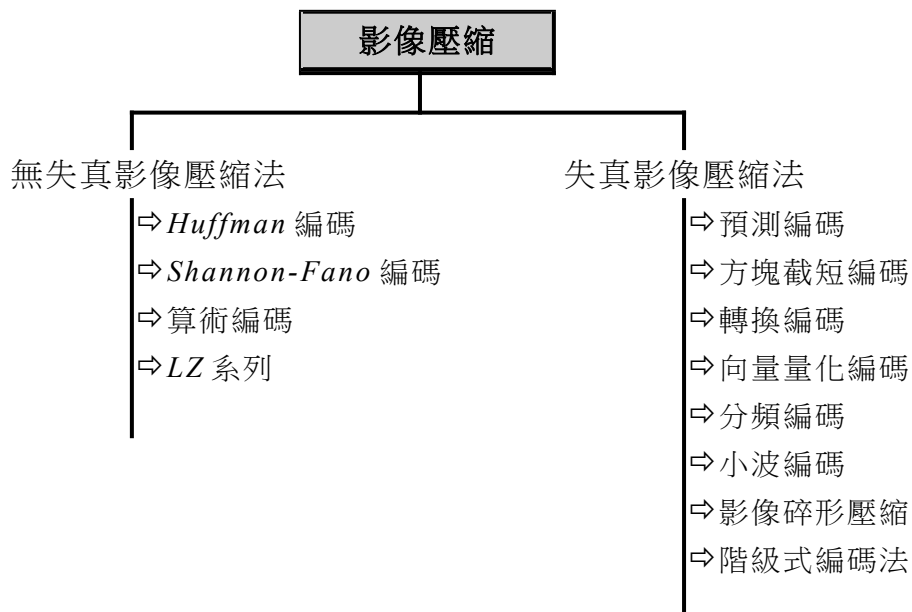
一、簡介

影像壓縮是一個用來減少表示一張影像所需要之訊號空間量的程序。這裡的訊號空間指的可能是實際上的儲存空間(例如記憶體的大小)；或是一段時間(例如，傳送該訊息所須之時間)；或者是傳送該訊息所需要之頻寬。例如，讓我們看圖一的數位影像，原來影像的資料量是兩百萬個位元。假使我們現在有一個影像壓縮法可以將原有的影像壓縮成只需要 0.2 個百萬位元，那麼，在儲存上，每張影像所佔記憶體空間只是原來的十分之一(或者說，同樣的記憶體空間，現在變成可以儲存數量上多十倍的影像)；在傳送上，例如原先一張影像需要兩秒鐘才能送完，現在只需要 0.2 秒便可送完；在所需之頻寬上，現在則只需要原來的十分之一，因此我們可以採多工(Multiplexing)的方式同時傳送十張影像(或者，我們可以採用價格比較低的傳輸線)。總而言之，降低了其中一樣(例如，記憶體空間)，另外兩樣(傳送時間與頻寬)也跟著降低。



圖一、原始 *Lena*。

影像壓縮技術分為無失真影像壓縮法與失真影像壓縮法兩類[1][2]。在圖二，我們將影像壓縮技術依無失真影像壓縮法及失真影像壓縮法予以歸類。



圖二、影像壓縮技術之歸類。

二、無失真影像壓縮方法

無失真影像壓縮一般採取的模式有二：統計模式與字典基礎模式。統計模式的做法是根據每一個符號的出現機率來做編碼。給定每一個符號的出現機率，它所建立的編碼表具有下列之重要性質：

- 不同的碼使用不同的位元數，
- 低出現機率之符號的碼使用較多的位元，高出現機率之符號的碼則使用較少的位元，以及
- 雖然碼的長度不一，但是可以唯一解碼，事實上它是即時碼。

典型的統計模式編碼法包括 *Huffman* 編碼與算術編碼。這兩種編碼法在許多國際性標準，例如 *JBIG*、*JPEG*、*MPEG*，都有用到[3]。

字典基礎模式的無失真影像壓縮法則採取完全不同的方法來壓縮影像。這類的演算法是對於不同長度的符號串都用同一種記號來表示。這個記號所表示的基本上就是一個片語在字典中的位置。如果表示記號所需要之位元數比起它所取代的片語所需要之位元數還小，我們就做到了影像壓縮。字典基礎模式編碼法的特性是簡單。典型的字典基礎模式編碼法包括 *Winzip*、*Winarj*。

三、失真影像壓縮方法

在失真影像壓縮方法中，我們允許重建訊號有一些失真，並且以此為代價交換得到一個比無失真影像壓縮法還低的資料率。這些失真在視覺上可能明顯，也可能不明顯。同時，一般我們都可以藉著允許比較大的失真而達到更低影像率的目的。

向量量化編碼

在一個 VQ 系統中，我們會先將原影像切割成一塊一塊並且視其為一個向量。每一個影像向量， X ，與一組代表性樣本（一般我們稱之為碼向量）， $Y_i, i = 1, 2, \dots, N_c$ ，共同組成所謂的編碼簿。最接近於原向量 X 的碼向量會被選出來，亦即，從編碼簿中選出 Y_k 使得對所有 $j = 1, 2, \dots, N_c, d((X, Y_k) \leq d(X, Y_j)$ ，其中 $d(X, Y_i)$ 表示原向量 X 與碼向量 Y_i 之誤差。在找到和 X 最接近的碼向量 Y_k 後（即 $d(X, Y_k)$ 最小）， Y_k 的索引 k 便以 $\log_2 N_c$ 個位元表示並予以送出。在接收端的部份，它也有一份同樣的編碼簿，因此在收到索引 k 後，它馬上可以從編碼簿中找出 Y_k ，並且用 Y_k 代替了 X 。和編碼端比起來，解碼端的工作簡單多了，只是個從編碼簿中找出第 k 個碼向量的動作而已。

語音壓縮標準裡的 $G.729$ 與 $MPEG-4$ 音訊都使用 VQ [3]，影像則尚無比較重要的標準使用 VQ 。但是就作者所知，非標準之壓縮系統使用 VQ 的是有的。

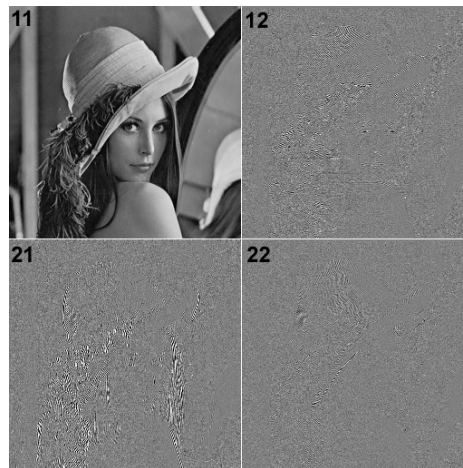
轉換編碼

轉換編碼(*transform coding*)，它的做法是將原訊號經過一個轉換變成另外一種表示法。這個表示法可以經由逆轉換回復成原訊號；而且它的能量較原訊號來得集中，因此比較容易做影像壓縮。常見影像轉換方法有 *Karhunen-Loève* 轉換(以下簡稱 KLT)、數位傅利葉轉換(DFT)及數位餘弦轉換(DCT)[1][2]等。但是，對於一般展現高度取樣間累贅的影像來說， DCT 的表現幾幾乎與 KLT 相差無幾，而且 DCT 也有快速演算法可以在 $O(n \log n)$ 等級的時間內完成 n 點的轉換，由於它不會產生像 DFT 所產生的多餘的高頻項，因此 DCT 能做到更高的壓縮效能。靜態影像壓縮標準， $JPEG$ ，即採用數位餘弦轉換編碼[3]。

分頻編碼法

在分頻編碼法(*subband coding*，以下簡稱 SBC)中，輸入訊號經由濾波器切分成好幾個子訊號，每一個子訊號的頻譜各包含一有限範圍的頻率。這些子訊號我們稱之為次頻帶(*subbands*)，每一個次頻帶可以分開各做各的編碼工作，也可以一起做。圖三所示分別為 *Lena* 經過 4 個次頻帶分解後各次頻帶的樣子。採用 SBC 有許多好處，藉著讓每個次頻帶使用不同數目的位元來表示每個取樣，則每

個次頻帶的量化數及其重建誤差可以分別予以控制，因此整個重建誤差的頻譜形狀可以被控制成頻率的函數。在比較低頻的次頻帶，它含有原訊號的大部分能量，因此我們一般會使用較高的位元率來編碼它。至於高頻的次頻帶，它所含的能量很小，因此我們一般是使用低位元率來作編碼。在最低頻的次頻帶，一般我們甚至於會使用無失真壓縮法來完整重建該次頻帶，高頻的次頻帶則可以使用較粗糙的壓縮法。



圖三、*Lena* 影像之四次頻帶分解。

使用 *SBC* 做為影像壓縮標準的是醫學影像。不過，*SBC* 使用最廣的還是音訊編碼標準，例如 *MP3*、*AC-3* 等[3]。

小波編碼

分頻編碼法中廣受注目的是利用小波(*wavelet*，又譯為波元)來做分頻濾波器。小波指的是由一個函數經過放大與平移所形成的函數族群。它的理論發展為數位訊號的分析與處理提供了一套新的架構，因此不僅在編碼上，同時在語音處理、影像處理、電腦視覺等等研究領域也有著相當成功的應用。就實作的觀點來說，小波分解可以視為分頻編碼法的一個特例。分頻編碼法的壓縮效率與整體效能，不僅決定於分析/合成濾波堆，也決定於每一個次頻帶所使用的壓縮方法。類似的考量一樣適用於以小波分解為主的影像、視訊壓縮方法。

小波編碼中最具代表性的應用當然非 *JPEG2000* 莫屬[3]。我們預期 *JPEG2000* 會以極快的速度取代 *JPEG* 成為靜態影像壓縮的標準，並且直接影響國內外所有與影像傳輸、儲存有關之工業發展。

四、結語

網際網路的快速發展，使的多媒體的儲存及傳輸變的更加重要。多媒體資料一般都有資料累贅，為了降低傳輸的頻寬及儲存的空間，影像壓縮就更顯其重要了。本文概念性介紹幾種無失真影像壓縮的方法，及四種最重要的失真壓縮技巧，最後也介紹目前最新的壓縮標準 *JPEG2000*，它已經被列為第三代手機之基本原件。

參考文獻

- [1] 戴顯權，資料壓縮，紳藍, 2001 三版
- [2] 張真誠、黃國峰、陳同孝，電子影像技術，松崗, 2000 初版
- [3] 戴顯權、陳滢如、王春清，多媒體通訊，紳藍, 2001 初版