



# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 無線傳輸之訊源及通道編碼(一)

### Source and Channel Coding for Wireless Transmission (I)

計畫編號：NSC 89-2219-E-009-015

執行期限：88 年 8 月 1 日至 89 年 7 月 31 日

主持人：杭學鳴 國立交通大學電子工程學系教授

計畫參與人員：黃祥哲，楊政翰，吳孟隆，施圭聰，唐之璋，張峰誠

國立交通大學電子研究所

#### 中文摘要

我們的目標是發展與實做適合於無線通訊所使用的訊源及通道編碼。第一年達成的三項課題為：(1) G.723.1 音訊編碼之研究、模擬與 DSP 實作，(2) H.263 視訊編碼之研究、模擬與 DSP 實作，以及 (3) 抗錯視訊編碼之研究。

**關鍵詞：**H.263, G.723.1, 抗錯編碼，多重敘述編碼

#### Abstract

The goal of this project is to develop and implement video and speech coding schemes that are suitable for wireless communications. We achieve the following targets in the first year: (1) study, simulate and DSP-implement G.723.1 speech coding standard, (2) study, simulate and DSP-implement H.263+ video coding standard, and (3) study and simulate multiple description video coding algorithms.

**Keywords:** H.263, G.723.1, Error Resilient Coding, Multiple Description Coding

#### 第一部份 音訊編碼

音訊編碼之研究大概分兩部分：(1) 研究語音壓縮標準在對抗通道雜訊上表現的特性，以及(2) 語音壓縮標準之 DSP 即時實現。

##### A. 背景

在利用數位訊號處理器 (DSP) 來即時實現語音編碼部分，我們所採用的語音編碼是國際電信聯盟 (International Telecommunication Union) 所制定的 ITU-T

G.723.1 語音壓縮標準。它是一個以 Code-Excited Linear Predictive Coding (CELP) 為設計基礎的語音壓縮標準。ITU-T G.723.1 語音壓縮標準提供兩種不同壓縮率，5.3 kbit/s 和 6.3 kbit/s。在運算複雜度不高且又能在很底的壓縮率下提供良好的壓縮品質的條件之下，ITU-T G.723.1 語音壓縮標準已經被廣泛的應用在不同的語音壓縮系統，譬如說視訊會議、視訊電話等。因此，在本計畫中我們採用 ITU-T G.723.1 語音壓縮標準。

對抗通道雜訊部分，我們針對兩種低位元率語音壓縮標準作研究。除了 ITU-T G.723.1 雙位元率語音壓縮標準外，另一種是 MPEG-4 規格中的一個語音壓縮標準 Harmonic Vector eXcitation Coding (HVXC)。

在理想的情況下，資料在傳送的過程中是不會出錯的。但是在實際的情況下，不同的傳送通道會導致資料出現不同程度的錯誤。通道編碼可以增加傳送資料對抗通道雜訊的強度，如此便可以增加資料傳送的正確性和安全性。在參考了 WCDMA 和 ITU-T G.723.1 Annex C 等標準之後，我們決定採用 Convolution Code 和 Soft Output Viterbi Algorithm (SOVA) 這組通道編碼和解碼方法。

##### B. 研究步驟

我們首先採用了語音品質量測的方式來評估我們所研究的兩種語音壓縮標準。評估的結果顯示 ITU-T G.723.1 6.3kbit/s 的客觀語音品質要比 MPEG-4 HVXC 4.0kbit/s 來得好。但是就主觀語音品質而言，這兩

種語音壓縮標準的語音品質是相近的。因為無線通道中通常都是充滿雜訊的，所以我們接下來就來考慮雜訊對語音品質的影響。我們用 Additive White Gaussian Noise (AWGN) 和 Markov channel (Gilbert) 這兩種通道模組來比較不同的語音壓縮技術。

DSP 即時實現部分，我們首先收集、研讀 TI DSP 相關資料，包括 DSP 的 Data Sheet、DSP Assembly/C Code Reference 等。在考量 DSP 即時實現的複雜度之後，我們決定由 ITU-T G.723.1 標準的 ANSI C code 來進行實現。利用 TI 所提供的 C Compiler 以及以一套名叫“Code Composer”的 windows 介面發展軟體，我們可以很輕鬆的將 ANSI C code 轉換成 DSP code，然後再放上 DSP 執行。而且我們也可以透過“Code Composer”來觀看執行的相觀結果，譬如說結果是否正確或者執行所耗費的運算量等。我們發現原始的 ANSI C code 在執行耗費太多的時間，無法達到即時處理的目標。因此我們必須對原始的 ANSI C code 作最佳化以便減少執行所需耗費的運算量。最佳化的運作大至上可以分成以下幾個部分：

(1)分析原始 ANSI C code 各部分所耗費的運算量。這個動作可以讓我們知道，那些部分耗費的運算量較多，那些部分較少。針對運算量較多的部分作改進要比針對運算量較少的部分作改進能對整體有更大的改善。

(2)利用 TI C Compiler 所提供的最佳化功能。TI 的 C Compiler 提供了許多不同的最佳化選項。有些可以減少 DSP code 的運算量，有些可以減少 DSP code 的大小。為了配合我們的需求，以到達到最有利於我們的最佳化方式，我們必須要充分的了解各個選項的用法及特性。

(3)修改原始 ANSI C code。因為原始的 ANSI C code 並非針對 DSP 而寫的。所以直接把它用在 DSP 上的話，它的效果並不好。為了改進原來的結果，我們要必須以較適合 DSP 的語法來修改原始的 C code。在這方面 TI 的 C Programmer Guide 提供了一些在修改 C code 可以注意的原則。除此之外，修改過程中累積的經驗是最重要的。

## C. 實驗與結果

通道編碼模擬結果：(1)當傳送通道的位元錯誤率大約大於 14% 時，我們所採用的通道編碼方式(G.723.1 標準中推薦)就幾乎沒有效用。(2)就對抗通道雜訊的效果而言，這套通道編碼較適合用在 AWGN channel。舉個例子：當兩種通道模組的位元錯誤率都約為 9% 時，對於 AWGN channel 大約 90% 的位元錯誤可以被修正回來，但是對於 Markov channel 大約只有 21% 的位元錯誤可以被修正回來。

為了要改善在很差的通道情況下的語音品質，我們設計一個錯誤補償的技術使用在 ITU-T G.723.1 語音壓縮標準上。模擬的結果指出，即使在很高雜音的通道情況下，ITU-T G.723.1 語音壓縮標準的主觀和客觀語音品質都有很明顯的改善。

DSP 即時實現的結果：模擬的結果顯示，經由一連串的最佳化的過程之後，處理一次壓縮、解壓縮所耗費的運算量是 0.9 百萬運算週期。這個運算量是原本所需運算量 (在原始 C code 沒有被最佳化的情況) 的 1.7%。而經由我們計算的結果得知，我們最多可以利用一顆 DSP 同時處理 6 比壓縮、解壓縮的運算。我們實際用 DSP 硬體即時處理語音輸入壓縮、解壓縮輸出未查覺任何不順之處。

## D. 結論

通道編碼：模擬的結果顯示，在很差的通道情況下，這兩種語音壓縮標準的主觀和客觀語音品質衰減的很迅速。我們設計一個錯誤補償的技術，可以明顯的改善 ITU-T G.723.1 語音品質。

DSP 即時實現的結果：到目前為止，在這方面已有很不錯的成果了。我們可以考慮更進一步的改進也或者可以慮加入其它的功能，譬如說把錯誤補償與通道編碼也放入。

## 第二部份 視訊編碼

### A. 背景

在視訊編碼這個項目想達到的目的，是利用市面上既有的 DSP 建立一個 Real-time 的視訊編解碼系統。我們的視訊編碼是採取 H.263+ 這個世界標準；它目前是是視訊會議及視訊電話的標準，很可能成為無線

視訊電話的標準；主要的特色在於它編碼後可以很低的 Bit Rate 去傳輸，適合用在頻寬限制頗大的無線傳輸上，加上所具有的 16 種 Options，能針對不同的傳輸環境，決定其編碼方式，所以對傳輸環境變化大的無線傳輸提供了很大的彈性。

在數位處理器(DSP)方面，我們採用德州儀器的 TMS320C62xx，主要原因在於這類 DSP 對數位資料有強大的運算能力，可以方便我們達成 Real-time 的要求；它採用了新的 VelociTI advanced VLIW(very long instruction word) architecture，在一個 Cycle 中，可以平行處理八個 instructions，所以能有 200MHz、1600MIPS 的高運算速度，足以應付計算量大的視訊編碼標準。

## B. 研究步驟

H.263 本身有公開的 Test Model (tmn2.0) 軟體模擬，由挪威的 Telenor Research 公司所提供。H.263+的 Test Model (tmn3.0) 軟體模擬，是由加拿大的 University of British Columbia 所提供。我們主要以這兩個軟體為主體來建立我們的系統。

我們先移除 tmn2.0 所有的 options，使其成為基本的 H.263+編解碼軟體，之後把程式中兩個最耗計算量的 blocks—Motion Vector Search 及 Discrete Cosine Transform (DCT)，以快速的演算法來取代之，在 Motion Vector Search 方面，原先的 Spiral Search 所需的計算量是隨著  $N^2$  成長的十分龐大。因此我們以 tmn3.0 中的 Diamond Search 來取代在 tmn2.0 中所用的 Spiral Search。Diamond Search 的精神是把每次的搜尋方向就由 Cost Function 的比較，往有可能是最好的 Motion Vector 方向前進。所以可以省去很多無意義的計算。

而在 DCT 方面，我們所採用的是 Decimation-In-Frequency (DIF) DCT。它的特點在於可以把 N 點的 DCT 運算分解成兩個  $N/2$  點的 DCT 運算，使運算量平均分散。以我們系統所用的八點 DCT 運算為例，DIF DCT 每次只需 29 次加法和 12 次的乘法。因為我們所用的 DSP 乃是定點運算，為了在 DSP 能有好的效能，我們必須把 DIF DCT 改成定點的 DIF DCT。因此得對 DCT 係數作 scaling，乘以  $2^{14}$  後四捨五入為整數。

在開始把系統移植到 DSP 之前，我們先研讀了這個 DSP 相關的說明文件，充分瞭解它的系統架構和 C 編譯器的最佳化的方式，使我們在接下來的工作可以利用它的優點讓整個系統運算速度更快。我們把之前完成的程式透過 DSP 的 C 編譯器編譯成組合語言，然後把這個組合語言再編譯成機械碼下載到 DSP 裡。依照之前所瞭解的 DSP 特性持續修改我們的程式。每次改變，均會跟之前電腦模擬的結果做比較，以確定我們系統依然正確無誤。而且記錄下改變前和改變後運算速度的改變量，使我們穩健地一步步去修改我們的程式，最後得到一個 Real-Time 的視訊編解碼系統。

## C. 實驗與結果

把 Diamond Search 加入我們的程式後，在電腦模擬上已經可以節省大約 2/3 的運算時間，而在 DSP 上更可以節省 99.82% 的運算量。而定點的 DIF DCT 在 DSP 時，它所需的計算量比原先的 DCT 少了 99%，證明這兩個引進的快速演算法對我們整個系統實有極大的幫助。我們依照 DSP 的特性去修改原始的 C code，加快我們系統的運算速度。最終，我們的編碼器每秒可以編碼 69 張 I-Frames 或是 31 張 P-Frames，解碼器每秒可以解碼 30 張以上。整個視訊編解碼系統只用了一顆 TMS320C62xx，每秒可以編解碼 24 張 Sub-QCIF 格式의 影像，達到了 Real-Time 的要求。

## D. 結論

我們研讀了 H.263+這個視訊編碼標準，詳細研究公開的兩個模擬軟體 tmn2.0 和 tmn3.0，並以這為我們系統的雛形。我們引進了兩個快速的演算法 Diamond Search 和定點 DIF DCT 去取代原先中最耗計算量的兩個部分，使效能大幅度的增進。也瞭解了所使用的 DSP 的架構和特性，並把我們的程式修改的能儘量利用 DSP 的優點。最後，我們在德州儀器 TMS320C62xx 建立了一個基本的 H.263+編解碼器，並符合 Real-Time 的要求。

## 第三部份 抗錯視訊編碼

## A. 背景

眾所習知，在傳輸過程中，壓縮過的位元相當容易受到傳輸通道雜訊的干擾，並可能造成錯誤傳遞 (error propagation)。所以，在壓縮資料中，加入某些多餘量 (redundancy)，是確保接收端的影像品質的一種方式。而『多重敘述編碼』 (multiple description coding, MDC) 即是應用此一觀念，所發展出來的一種抗錯編碼 (error resilient coding) 的方法。

多重敘述編碼是在 1980 年代初期被提出。簡單的說，就是將相同的輸入影像，以不同的表現方式，各自獨立經由不同的通道傳至接收端。以理論的方式分析，假設有兩個傳輸通道，分別以  $R_1$  與  $R_2$  的位元率進行傳輸。根據傳輸率與失真理論 (rate-distortion theory) 來分析，假設兩通道的資料均收到，其失真為  $D_0$ ，若只有單一通道的資料收到，其失真分別為  $D_1$  與  $D_2$ ；我們的目標，就是要根據下面三方程式：

$$R_1 \geq R(D_1)$$

$$R_2 \geq R(D_2)$$

$$R_1 + R_2 \geq R(D_0)$$

來決定以上五個參數的可達成區間。而其示意圖如圖 1 所示。

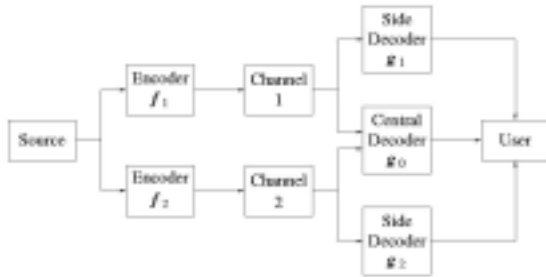


圖 1 多重敘述編碼的示意方塊圖。

## B. 研究步驟

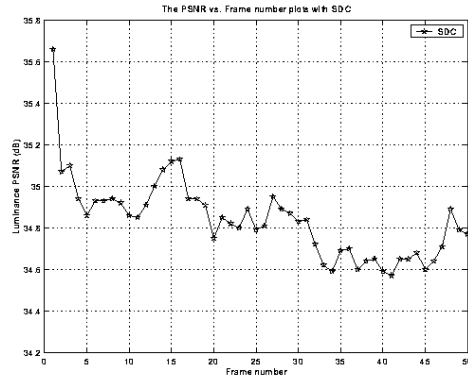
在多重敘述編碼的實作應用方面，可以分為三大方向：量化器設計，轉換域係數處理，以及配合通道編碼進行保護。以上所述方式，目前之研究均應用於靜態影像，我們也曾對此進行相關的模擬。但是，針對動態影像的保護，似尚乏深入研究，此為我們所想進行的方向。

我們採用了 H.263 動態影像壓縮演算法，進行研究。首先，將輸入端的影像序

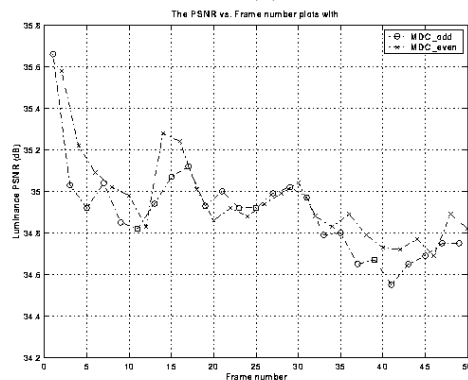
列，區分為兩個相互間具有相關性的集合。分別對其進行編碼，再經由兩個互相獨立的通道傳輸至接收端。

## C. 實驗與結果

初步結果如下。圖 2 (a) 為單一頻道編碼。圖 2 (b) 為奇數影像與偶數影像分成二頻道分別編碼，個別加入未編碼影像的部分資訊。可在較低位元得到與單一頻道編碼相近的影像品質。



(a)



(b)

圖 2 多重敘述編碼一例。

接下來的步驟，則將改進我們目前的方法。並參酌其他相關的論文，進行改進。

## D. 結論

多重敘述編碼有一 proposal 進入 H.26L 標準委員會討論。因其法較新，似仍有發展潛力。但其數學較繁複，我們目前已有初步想法，正進行拓展中。

**Publication:** H.-C. Huang and H.-M. Hang, "Error resilient transmission with multiple description coding for image and vide compression," *IEEE ISCE2000*, Hong Kong, Dec. 2000.