

行政院及所屬各機關出國報告  
(出國類別：實習)

實習寬頻影音多媒體前瞻技術  
出國報告

服務機關：中華電信研究所  
出國人 職 稱：助理研究員  
姓 名：張鶴薰  
出國地點：美國  
出國期間：91年7月20日至12月29日  
報告期間：92年2月27日

H6/  
009>00970

公務出國報告提要

頁數: 18 含附件: 否

報告名稱:

實習寬頻影音多媒體前瞻技術

主辦機關:

中華電信研究所

聯絡人/電話:

楊學文/03-4244218

出國人員:

張鶴薰 中華電信研究所 網路及多媒體應用技術研究室 助理研究員

出國類別: 實習

出國地區: 美國

出國期間: 民國 91 年 07 月 20 日 - 民國 91 年 12 月 29 日

報告日期: 民國 92 年 02 月 27 日

分類號/目: H6/電信 /

關鍵詞: 實習,寬頻影音,多媒體,前瞻,技術

內容摘要:

Solachidis, Nikolaidis and Pitas [18, 19]發表了Fourier descriptors 來作為向量圖的數位浮水印方法。向量圖上的每一個點，其座標值  $(x, y)$  可以視為一個複數  $z = x + yi$ 。然後用富利葉轉換 (Fourier Transform) 將這些複數點轉為 Fourier Descriptor。然後就可以應用傳統數位浮水印之技術將數位浮水印含入向量圖中。如果需要偵測數位浮水印，則可以求數位浮水印和 Fourier Descriptor 之相似性 (correlation) 來判斷。Endoh, S. Ohbuchi, R. and Ueda, H. 發表了另一個向量圖的數位浮水印的方法，藉由位移一個區塊 (block) 內含的頂點來將一個位元含入這個區塊中。一開始，向量圖會被切割成一些區塊，而區塊的切割方式及大小將根據該區域的頂點分布密度來決定。然後，將區塊內的頂點做小量的位移來將待含入的位元串依序含入相對應的區塊中；若是需要偵測出原含入位元串則需要先做個前處理來找出曾被加入或刪除的點，然後再和原圖比對來找出原來含入之位元串。Choi Jong, Kang Hwan, Kim Kab.[23] 發表了另外一個向量圖的數位浮水印的方法，同樣的也是藉由位移一個區塊內含的頂點來將一個位元含入這個區塊中。首先，向量圖會被切割成一些相同大小的區塊，然後每個區塊內之頂點依照將含入之位元是 0 或 1 而全部移往右上方或者左下方，藉此將一個位元含入。如果要偵測含入位元，則很簡單的去只要分辨每一個區塊中的頂點位置即可。視訊資料之數位浮水印的方法：先以亂數產生器產生多個亂數，並且排成  $64*64$  的區塊，接著將視訊資料以高通濾波器 (High pass filter) 處理，然後上述兩種資料相乘而得到數位浮水印。之後再將此數位浮水印含入視訊資料之中。如果視訊資料的大小超過  $64*64$ ，則可將上述的數位浮水印產生法及數位浮水印含入的程序作空間上的重複處理。然後上述步驟在時間上以同一個數位浮水印重複處理 200 frames。即完成數位浮水印的含入工作。

## 摘要

Solachidis, Nikolaidis and Pitas [18, 19]發表了Fourier descriptors 來作為向量圖的數位浮水印方法。向量圖上的每一個點，其座標值  $(x, y)$  可以視為一個複數  $z = x + yi$ 。然後用富利葉轉換 (Fourier Transform) 將這些複數點轉為 Fourier Descriptor。然後就可以應用傳統數位浮水印之技術將數位浮水印含入向量圖中。如果需要偵測數位浮水印，則可以求數位浮水印和 Fourier Descriptor 之相似性 (correlation) 來判斷。

Endoh, S. Ohbuchi, R. and Ueda, H. 發表了另一個向量圖的數位浮水印的方法，藉由位移一個區塊 (block) 內含的頂點來將一個位元含入這個區塊中。一開始，向量圖會被切割成一些區塊，而區塊的切割方式及大小將根據該區域的頂點分布密度來決定。然後，將區塊內的頂點做小量的位移來將待含入的位元串依序含入相對應的區塊中；若是需要偵測出原含入位元串則需要先做個前處理來找出曾被加入或刪除的點，然後再和原圖比對來找出原來含入之位元串。

Choi Jong, Kang Hwan, Kim Kab.[23] 發表了另外一個向量圖的數位浮水印的方法，同樣的也是藉由位移一個區塊內含的頂點來將一個位元含入這個區塊中。首先，向量圖會被切割成一些相同大小的區塊，然後每個區塊內之頂點依照將含入之位元是 0 或 1 而全部移往右上方或者左下方，藉此將一個位元含入。如果要偵測含入位元，則很簡單的去只要分辨每一個區塊中的頂點位置即可。

視訊資料之數位浮水印的方法：先以亂數產生器產生多個亂數，並且排成  $64*64$  的區塊，接著將視訊資料以高通濾波器 (High pass filter) 處理，然後上述兩種資料相乘而得到數位浮水印。之後再將此數位浮水印含入視訊資料之中。如果視訊資料的大小超過  $64*64$ ，則可將上述的數位浮水印產生法及數位浮水印含入的程序作空間上的重複處理。然後上述步驟在時間上以同一個數位浮水印重複處理 200 frames。即完成數位浮水印的含入工作。

## 目 錄

<b>1.</b>	<b>目的</b> .....	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>過程</b> .....	<b>2</b>
2.1.	行程概要 .....	2
2.2.	受訓內容 .....	3
2.2.1.	數位浮水印 .....	3
2.2.2.	資料隱藏 .....	5
2.2.3.	街道建築物圖之保護機制 .....	6
2.2.3.1.	街道建築物圖之格式 .....	6
2.2.3.2.	街道建築物圖之保護法 .....	7
2.2.4.	視訊資料之數位浮水印 .....	9
2.2.5.	音訊資料之數位浮水印 .....	12
<b>3.</b>	<b>心得</b> .....	<b>14</b>
<b>4.</b>	<b>建議</b> .....	<b>15</b>
<b>5.</b>	<b>參考資料</b> .....	<b>16</b>

## 1. 目的

本公司對於國內數位寬頻電腦網路的建設一直不遺餘力，至九十二年二月初為止本公司之非對稱數位用戶迴路 (ADSL) 用戶數已達二百萬戶，再加上行政院六百萬戶寬頻上網目標之推動，可以預見在不久的未來，全台將構築成一個寬頻的數位世界。然而寬頻網路建設即將落實之際，研究如何提供多樣的寬頻服務即為刻不容緩的任務。於寬頻服務之中當屬影音服務最為複雜也最為用戶所期待。一旦寬頻影音服務得以實現，用戶便可足不出戶的享受各項高畫質的電影、電視、遊戲...等娛樂。另一方面，人與人的通信也即將由傳統的語音（電話）、文字（書信、電子郵件）及圖片（world wide web）進化為視訊溝通（影像電話）。而這個願景都必須倚仗於數位寬頻服務的成熟。

為因應未來寬頻服務之研究所需，職奉派前往美國卡內基美倫 (Carnegie Mellon University) 大學電機資訊系 (Department of Electric Computer Engineering)，進階多媒體實驗室 (Advanced Multimedia Processing Lab)，作影音多媒體前瞻技術之研習。此外，也因應本公司之地理資訊急需數位智慧財產權之保護，因此，此次研習也一併研究了地理資訊、向量圖資料的數位浮水印方法。研習之內容包含影音資料數位浮水印及地理資訊街道建物圖之數位浮水印。以下就本次研習內容作心得報告。

## 2. 過程

### 2.1. 行程概要

整個行程從91年7月20日出發，至12月29日返國，共計163天。其受訓過程如下表：

日期	主題
7/20	起程
7/21~8/23	資料隱藏和數位浮水印
8/24~10/25	街道建築物圖之保護機制
10/26~11/22	視訊資料之數位浮水印
11/23~12/27	音訊資料之數位浮水印
12/28~12/29	回程

## 2.2. 受訓內容

本次實習內容包括：數位浮水印、資料隱藏、視訊數位浮水印、音訊數位浮水印。

以下針對此內容一一說明：

### 2.2.1. 數位浮水印

對於影像，影片，音樂...等數位之作品，為了保護其原作者或擁有者之智慧財產權，因此在上述之數位作品中將某些影像或聲音含入 (Embed) 其中，但卻以肉眼或人耳無法察覺為原則，此技術稱為數位浮水印。一旦發生智慧財產爭議時則可以依照當初含入之資訊來判別，藉以達到智慧財產權的保護。

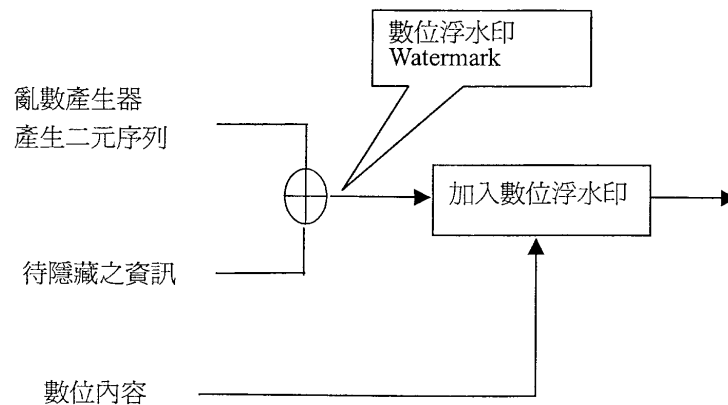
舉一例來說明數位浮水印的做法：如果我們想把一串二元碼 (binary code)：“11000100” (也許是聲音的樣本也許是影像的像素值)，以數位浮水印的技術含入到一張影像中；用一個簡單的演算法來舉例說明：我們可以直接將每一個位元 (bit) 加到相對應的影像像素值 (pixel value) 上即可，因此以上述例子而言，第一個、第二個、及第六個像素分別加 1，其餘像素值不變。如此，已完成簡易數位浮水印的工作；如果想將原含入之數位浮水印取出，則只要將欲測試的圖減去原圖，則可還原該數位浮水印。由於此法對於影像中每一個像素值的破壞最多為 1，因此不至於讓人眼或人耳察覺，也不至於破壞太多的畫質。

如果在解出原數位浮水印時不需要藉助原圖者之演算法稱為遮眼數位浮水印 (Blind watermarking)。

數位浮水印所應注意的主要問題在於如何避免攻擊 (attack) 或破壞。所謂攻擊有可能來自於我們後續對於此加過數位浮水印的作品作壓縮 (如: MPEG, JPEG...等) 或是直接來自於人為的惡意破壞。如果破壞不嚴重，則所含入之數位浮水印 (聲音或影像) 應該還可以辨認其原來的面貌，若是破壞的程度十分嚴重則解回之數位浮水印可能已無法看出或聽出是原來含入之數位浮水印，

此時稱此數位浮水印已遭完全破壞。一個不容易遭受破壞的數位浮水印系統我們稱其為強韌的 (Robust)。

數位浮水印的方法通常區分為數位浮水印的含入 (embedding) 以及數位浮水印的偵測 (detection)。一般化的數位浮水印含入流程如圖一：

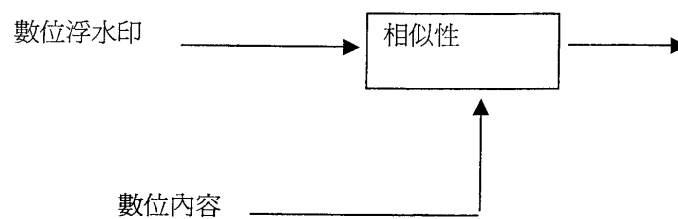


圖一 數位浮水印的含入

先將待含入之資訊與亂數產生器所產生的二元序列碼作 XOR，然後將其結果含入數位內容之中。

而數位浮水印的偵測方法一般是將待測的數位內容與數位浮水印去做相似性分析 (correlation)，如圖二。

詳細的傳統數位浮水印方法可以參考[1-17]。



圖二 數位浮水印的偵測



### 2.2.2. 資料隱藏

資料隱藏和數位浮水印相似，都是將一個數位資料含入作品中，唯一不同的是資料隱藏不容許含入資料遭受任何破壞，或者說其應該能抵抗任何的攻擊或破壞；而數位浮水印如上所述，只要破壞不嚴重都算成功。因此，資料隱藏和數位浮水印很多方法都類似差別只在於其對強韌性的要求。

因為資料隱藏比數位浮水印需要更高的強韌性，因此通常可含入的資訊量前者比後者小很多，因為需要大量的重複位元或容錯位元來達到強韌性的要求，而這些位元都是不得已的額外成本（Overhead）。

資料隱藏在數位內容的保護佔有重要的地位，很多機密的訊息如果能夠藉由資料隱藏的技術含入數位媒體之中，將有助於非法使用數位內容的追蹤，以藉此嚇阻無授權的非法盜用。

舉一例說明資料隱藏在數位內容的保護應用：我們可以將每一份派送給客戶的數位媒體中含入用戶識別碼，表面上看起來，每個用戶所拿到的實體數位內容是一樣的，但是其實隱藏、不可見的用戶識別碼其實每份都不同。如果一旦發生數位媒體被盜用，則我們可以依照非法版本的內含用戶識別碼來追蹤此盜版的流出來源，藉以打擊非法侵權的行為。

資料隱藏和數位浮水印一樣因為都不可見，因此不像數位加密（encryption）法一樣可以用嘗試錯誤法來破解，再加上其強韌性的特點，實為一個不錯的保護機制。然而也由於加了數位浮水印或者資料隱藏後，數位內容其實看起來並無兩樣，也因此如果要做限制瀏覽或限制觀賞，則無法辦到，此時就必須搭配加密的機制了。因此一個完備的保護機制是數位浮水印（資料隱藏）再加上加密的設計。

### 2.2.3. 街道建築物圖之保護機制

#### 2.2.3.1. 街道建築物圖之格式

街道建築物圖屬於向量圖 ( Vector Map ) 的一種，只有空間座標資料，其和傳統多媒體聲音、影像不同，沒有影像像素或聲音的樣本可以讓我們將數位浮水印加在上面，因此，傳統數位浮水印方法已不適用。

以下舉例說明向量地圖的格式：此圖由多個多邊線 ( Pline ) 組合而成，每一個多邊線包含多個座標，其表示由第一點往下到最後一點聯成一筆劃。舉例：

Pline

(2,3)

(4,7)

(11,4)

Pline

(1,1)

(3,1)

(3,3)

(1,3)

(1,1)

此例包含兩個物件其一從座標 ( 2 , 3 ) 畫一直線到 ( 4 , 7 )，再畫一直線到 ( 11 , 4 )；第二個物件是分別以 ( 1 , 1 ) 為左上角及 ( 3 , 3 ) 為右下角的正方形。

以上所述之資訊可以有很多層，每一層稱為一個圖層。某一類相同之資訊可至於一圖層中，如：街道圖一個圖層，建物一個圖層，鐵路一個圖層...等。所有圖層一併顯示或只選需要的圖層顯示套疊則可成為一個完整之空間資訊。

本公司所有客戶之地址及其經緯座標都在本公司地理資訊資料庫中，此經緯座標資料也必須加以保護。其格式如下：

(X1,Y1)

(X2,Y2)

(X3,Y3)

...

另一方面，因為向量圖不再經過壓縮，因此主要的攻擊應來自人為惡意的破壞，或是對於此向量圖的更新。再者由於向量圖的特性，經過多次放大仍然很少失真，因此我們所加的數位浮水印必須在高倍放大之下仍然不能為肉眼察覺，這也是街道建築物圖與傳統多媒體的區別之一。

#### 2.2.3.2.街道建築物圖之保護法

Solachidis, Nikolaidis and Pitas [18, 19]發表了 Fourier descriptors 來作為向量圖的數位浮水印方法。向量圖上的每一個點，其座標值  $(x, y)$  可以視為一個複數  $z = x + yi$ 。然後用富利葉轉換 (Fourier Transform) 將這些複數點轉為 Fourier Descriptor。然後就可以應用傳統數位浮水印之技術將數位浮水印含入向量圖中。如果需要偵測數位浮水印，則可以求數位浮水印和 Fourier Descriptor 之相似性 (correlation) 來判斷。很重要的一點是這篇論文裡也談到了一些向量圖上的幾何修改，如位移、旋轉、放大縮小...等會對於 Fourier Descriptor 有何影響，這些有趣的影響將會直接形成數位浮水印的方法。Kanai, S. Kishinami, T. Kitamura, I. 也隨後發表了一篇向量圖的數位浮水印的方法，同樣是以 Fourier Descriptor 為基礎的。

Endoh, S. Ohbuchi, R. and Ueda, H. 發表了另一個向量圖的數位浮水印的方法，藉由位移一個區塊 (block) 內含的頂點來將一個位元含入這個區塊中。一開始，向量圖會被切割成一些

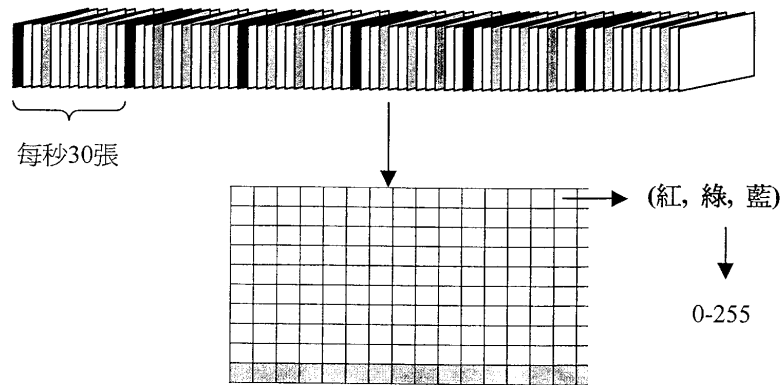
區塊，而區塊的切割方式及大小將根據該區域的頂點分布密度來決定。然後，將區塊內的頂點做小量的位移來將待含入的位元串依序含入相對應的區塊中；若是需要偵測出原含入位元串則需要先做個前處理來找出曾被加入或刪除的點，然後再和原圖比對來找出原來含入之位元串。如果需要增加此方法的可靠度，可以重複含入相同的位元來達成。此外，此論文也一併分析了各種攻擊對此法的影響。

Choi Jong, Kang Hwan, Kim Kab.[23] 發表了另外一個向量圖的數位浮水印的方法，同樣的也是藉由位移一個區塊內含的頂點來將一個位元含入這個區塊中。首先，向量圖會被切割成一些相同大小的區塊，然後每個區塊內之頂點依照將含入之位元是 0 或 1 而全部移往右上方或者左下方，藉此將一個位元含入。如果要偵測含入位元，則很簡單的去只要分辨每一個區塊中的頂點位置即可。

Barni, M. Bartolini, F. Cappellini, V. Piva, A. and Salucco, F. 提出了另一個向量圖的數位浮水印的一般化 (normalize) 方法，這是為了解決很多向量圖的數位浮水印方法都會因為一些幾何的變動而喪失原含入資訊，例如旋轉，放大縮小...等。因此一個有效的一般化方法可以提昇向量圖數位浮水印的可靠度。此法首先將圖作旋轉，使其中的文字走向成一個預設的角度，然後作放大或縮小，使成為預設大小，然後再運用各式各樣的向量圖數位浮水印方法，然後再一次放大或縮小，使成為原來大小，再作旋轉，使其中的文字走向成原來的角度即可。至於偵測數位浮水印時就同樣的必須先將圖作旋轉，使其中的文字走向成一個預設的角度，然後作放大或縮小，使成為預設大小，然後再運用各式各樣的向量圖數位浮水印偵測方法來取出原含入位元。

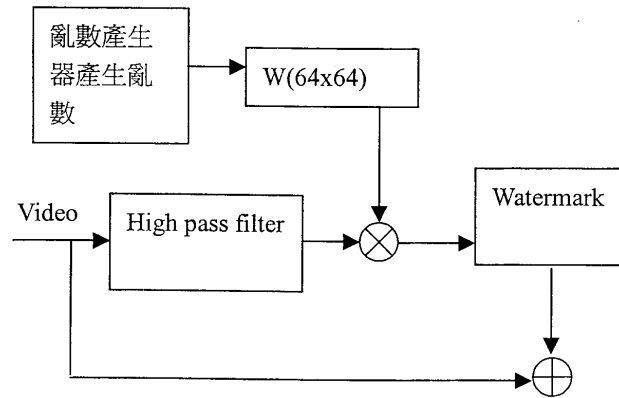
#### 2.2.4. 視訊資料之數位浮水印

視訊資料是由一張一張畫框 (frame) 組成的，而每張畫框又由一個一個像素 (pixel) 構成。如圖三。



圖三 視訊資料格式

在此舉一例說明視訊資料之數位浮水印的方法。如圖四。



圖四 視訊資料的數位浮水印含入法

先以亂數產生器產生多個亂數，並且排成 64\*64 的區塊，接著將視訊資料以高通濾波器(High pass filter) 處理，然後上述兩種資料相乘而得到數位浮水印。之後再將此數位浮水印含入視訊資料之中。如果視訊資料的大小超過 64\*64，則可將上述的數位浮水印產生法及數位浮水印含入的程序作空間上的重複處理。然後上述步驟在時間上以同一個數位浮水印重複處理 200 frame。即完成數位浮水印的含入工作。

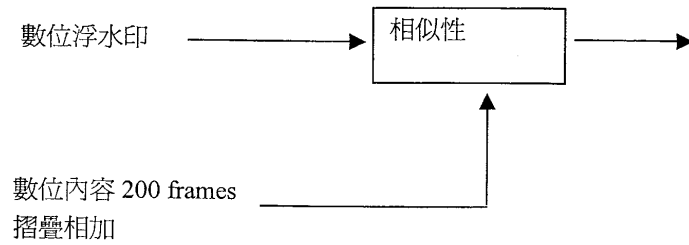
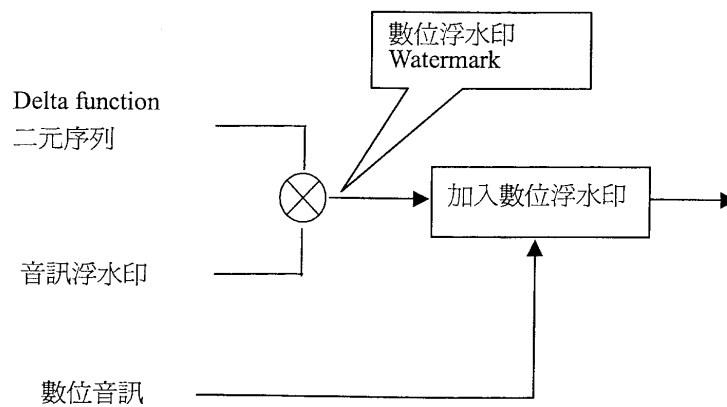


圖 五 視訊數位浮水印的偵測

如何偵測視訊資料是否已含入原數位浮水印，如圖五。首先將視訊畫框摺疊成  $64 \times 64$  並且相對應的像素相加。然後再把時間上的連續 200 畫框作像素相加，然後將結果和原數位浮水印去做相似性判別。

### 2.2.5. 音訊資料之數位浮水印

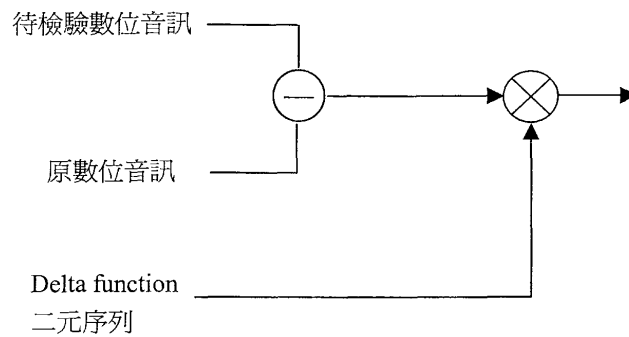
音訊資料的格式是一連串時間軸上的樣本 (sample) 組成的，一個樣本通常是一個或兩個位元組大小。根據取樣頻率 (sampling rate) 的不同，每秒鐘所需的樣本數都不同，例如在取樣頻率 44.1 kHz 時每秒鐘會產生 44100 個樣本，如果一個樣本佔兩個位元組則一秒鐘總共會有 88200 位元組的音訊資料。我們同樣舉一例說明音訊的數位浮水印方法：台灣大學貝蘇章教授所做的數位音訊浮水印技術[24]。如圖六。



圖六 數位音訊浮水印的含入



首先以 Delta function 的二元序列和一段待埋入的音訊去做 circular correlation 而得到音訊數位浮水印。然後重複的將此音訊數位浮水印直接加到原音訊中。Delta function 的二元序列可用 Uniformly Redundant Arrays (URA)來實作。其優點是：其為二元序列 (binary sequence)、大小非無限長、correlation gain 高。URA 的 A 矩陣用來作數位浮水印加入，而 G 矩陣用來作數位浮水印偵測。



圖七 數位音訊浮水印的偵測

如何解出原含入之音訊：首先將待測音訊和原版未加入浮水印的音訊去做相減。然後將結果和 Delta function 的二元序列去做 circular correlation 即可解出原含入之音訊。如圖七。

### 3. 心得

數位壓縮技術的成熟以及網際網路建設及寬頻的普及，帶來了數位內容的服務需求，然而，由於數位技術及網路的便利也同時讓資料的複製與傳輸更為容易，因此，其同時衍生了智慧財產保護的問題。研究如何保護數位內容，目前已變成了急迫且重要的研究課題。

一般用來保護數位內容的方法大概都是加密或是作數位浮水印。而此次的研習主要在關心目前數位浮水印的方法，舉凡音訊、視訊、或向量圖，都是研習的目標。此行除了了解上述的各種保護機制之外，也實際設計程式來一一驗證上述的方法。擁有這些數位浮水印技術之後，未來期望能整合於公司的營運系統裡，讓數位內容的服務更安全也能為國家科技發展創造更大的競爭力與機會。

## 4. 建議

行政院曾經提出【兩兆雙星】，其中將數位內容列為國家重點發展方向（雙星之一），而職認為數位內容產業應該規劃為：

上游：智慧財產創作（作詞、作曲、演唱、電影工業、文字繪畫創作...等）。

中游：智慧財產數位化機制（將上游之作品數位化並且加入保護機制）。

下游：智慧財產作品之服務機制（研究如何透過中游的保護機制，將作品可以在安全的環境下讓付費者享受高品質服務，讓上游創作者能真正得其回饋）。

如果有了上、中、下游全面規劃與發展，數位內容也可以是一個且深且廣的產業。

其中，在上游，台灣的競爭優勢是：握有國語流行音樂創作的既有成就優勢，文字方面是繁體字的全世界最大的使用及消費市場。在中游，其保護機制的核心技術是此行的目的之一。在下游，目前中華電信的寬頻建設，甚至行政院的全國寬頻規劃都是數位媒體服務的必要平台，而這些寬頻的建設即將落實，也為台灣的數位內容產業競爭力添加了更多的力量。

台灣天然資源不足，再加上環保意識的重視，發展高附加價值和無污染工業是未來必須走的路。因此職建議本所繼續支持數位內容保護的研究及公司寬頻建設的支援，因為這些關係著數位內容發展的中游、下游的競爭力，也關係著國家【兩兆雙星】的計劃推動，是重要且不能忽視的。

## 5. 參考資料

- [1] A. Bors and I. Pitas, "Image Watermarking Using DCT Domain Constraints", 1996 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP'96), Lausanne , Switzerland, vol. III, pp. 231-234, 16-19 September 1996
- [2] Cox, I.J. and Miller, M.L., "Electronic watermarking: the first 50 years", Multimedia Signal Processing, 2001 IEEE Fourth Workshop on , 2001 pp. 225 -230
- [3] Bloom, J.A.; Cox, I.J.; Lin, C.-Y.; Lui, Y.M.; Miller, M.L.; Wu, M.; "Rotation, scale, and translation resilient watermarking for images" Image Processing, IEEE Transactions on , Volume: 10 Issue: 5 , May 2001 pp. 767 -782
- [4] G. Voyatzis and I. Pitas, "Chaotic Mixing of Digital Images and Applications to Watermarking", European Conference on Multimedia Applications, services and Techniques (ECMAST'96), Louvain-la-Neuve, Belgium, vol. 2, pp. 687-695, May 1996
- [5] G. Voyatzis and I. Pitas, "Applications of Toral Automorphisms in Image Watermarking", 1996 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP'96), Lausanne, Switzerland, vol. II, pp. 237-240, 16-19 September 1996
- [6] Barni, M.; Bartolini, F.; Cox, I.J.; Hernandez, J.; Perez-Gonzalez, F.; "Digital watermarking for copyright protection: a communications perspective", IEEE Communications Magazine , Volume: 39 Issue: 8 , Aug 2001 pp. 90 -91
- [7] Bloom, J.A.; Cox, I.J.; Miller, M.L.; "Watermarking in the real world: an application to DVD", Signals, Systems, and Computers, 1999. Conference Record of the Thirty-Third Asilomar Conference on , Volume: 2 , 1999 pp. 1496 -1502 vol.2

- [8] Bloom, J.A.; Cox, I.J.; Kalker, T.; Linnartz, J.-P.M.G.; Miller, M.L.; Traw, C.B.S.; “Copy protection for DVD video”, Proceedings of the IEEE , Volume: 87 Issue: 7 , Jul 1999 pp. 1267 -1276
- [9] P. Bassia and I. Pitas, “Robust Audio Watermarking in the Time Domain”, IX European Signal Processing Conference (EUSIPCO'98), Rhodes, Greece, vol. I, pp. 25-28, 8-11 September 1998
- [10] Cox, I.J.; Linnartz, J.-P.M.G.; “Some general methods for tampering with watermarks”, Selected Areas in Communications, IEEE Journal on , Volume: 16 Issue: 4 , May 1998 pp. 587 -593
- [11] Cox, I.J.; Linnartz, J.-P.M.G.; “Public watermarks and resistance to tampering”, Image Processing, 1997. Proceedings., International Conference on , Volume: 3 , 26-29 Oct 1997 pp. 0\_3 -0\_6
- [12] Cox, I.J.; Kilian, J.; Leighton, F.T.; Shamoon, T.; “Secure spread spectrum watermarking for multimedia”, Image Processing, IEEE Transactions on , Volume: 6 Issue: 12 , Dec 1997 pp. 1673 -1687
- [13] S. Tsekeridou, I. Pitas, “Wavelet-based Self-Similar Watermarking for Still Images”, 2000 IEEE Int. Symposium on Circuits and Systems (ISCAS'00) vol. I, pp. 220-223, May 2000
- [14] A. Tefas and I. Pitas, “Robust Spatial Image Watermarking using Progressive Detection”, Proc. of 2001 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP 2001), CD-ROM, Salt Lake City, Utah, USA, 7-11 May.
- [15] N. Nikolaidis and I. Pitas, “Robust image watermarking in the spatial domain”, Signal Processing, Elsevier, vol. 66, no. 3, pp. 385-403, 1998
- [16] P. Bassia, I. Pitas, N. Nikolaidis “Robust audio watermarking in the time domain”, IEEE Transactions on Multimedia, vol 3 no. 2, June 2001, pp. 232 –241

- [17] N. Nikolaidis and I. Pitas, "Digital Image Watermarking: an Overview", Int. Conf. on Multimedia Computing and Systems (ICMCS'99), vol. I, pp. 1-6, June 1999
- [18] Nikolaidis, N. Pitas, I. Solachidis, V. "Fourier descriptors watermarking of vector graphics images". In proc. of XIII Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing. pp. 9-12 vol. 3. 2000.
- [19] V. Solachidis, N. Nikolaidis, and I. Pitas, "Watermarking Polygonal Lines Using Fourier Descriptors", IEEE 2000 ICASSP pp. 1955-1958, 2000
- [20] Kanai, S. Kishinami, T. Kitamura, I. "Copyright protection of vector map using digital watermarking method based on discrete Fourier transform". In Proc. of IEEE 2001 International Geoscience and Remote Sensing Symposium. pp 1191-1193 Vol 3. 2001.
- [21] Endoh, S. Ohbuchi, R. and Ueda, H. "Robust watermarking of vector digital maps". In proc. of IEEE International Conference on Multimedia and Expo. pp. 577-580 vol. 1 2002.
- [22] Choi Jong, Kang Hwan, Kim Kab. "A map data watermarking using the generalized square mask". In proc. of IEEE International Symposium on Industrial Electronics. pp. 1956-1958 vol. 3, 2001.
- [23] Barni, M. Bartolini, F. Cappellini, V. Piva, A. and Salucco, F., "Text based geometric normalization for robust watermarking of digital maps" In proc. of International Conference on Image Processing, pp. 1082-1085 vol. 1, 2001.
- [24] 貝蘇章教授，台灣大學電機工程學系。數位音訊浮水印技術