

私立東海大學資訊工程研究所

碩士論文

指導教授：林祝興 博士

Dr. Chu-Hsing Lin

植基於多參數可調式伽瑪校正之非顯見
可視性浮水印技術

**Unseen Visible Watermarking Based on
Multi-Parameters Adjustable Gamma
Correction**

研究生：楊子見

(Tzu-Chien Yang)

中 華 民 國 一 〇 〇 年 六 月

Abstract

Along with the arrival of the digital age and progress of the information technology, digitalization is the major trend for nowadays society. With the prevailing of the Internet, it is more convenient and easier to download information than before. Therefore, patent infringement usually occurs and copyright protection has become one of the most important issues.

Recently, the digital watermarking technology has been used in Metadata to prevent illegal downloading and to protect intellectual property rights of inventors. For authentication, one can extract embedded watermarks. Even though the illegal users steal the information, the extracted watermark can be retrieved by the owner to approve and determine the ownership of data.

This thesis presents a digital watermarking that is different from the ordinary digital watermarking technology: it has both a visible watermarking and non-visible watermarking features. The embedded watermarking will change as the background color of the pictures to improve hidden effect. It is hard to discern the watermarked-image with the original cover image. Normally, the watermark is hard to detect in the watermarked-image, but if one changes the viewing angle, the hidden watermark is revealed.

Besides, we use the Multi-Parameters Adjustable Gamma Correction (MPA-GC) to reduce the distortion of the watermarked-image in the retrieved watermark. The unseen visible watermarking image is easier to recognize by the human eye when the saturation of the image is increased. On the other hand, one can also apply the MPA-GC to reveal the hidden watermark after embedding it. The experimental results show that the hidden watermark image has very good image quality with the PSNR value over 50dB.

中文摘要

隨著數位化時代的來臨，資訊技術的進步，資料數位化已是現今社會主要的趨勢。網際網路(internet)的盛行下，數位資訊的下載與取得也愈來愈方便和容易，但卻往往對於著作者的智慧財產權造成了侵害，因此，數位資料之版權保護，已成為資訊安全領域中最重要的研究議題之一。

近年來，「數位浮水印技術」已廣泛地被運用在數位媒體中，藉以防止於網際網上遭人非法下載或使用，以有效地確著作者的智慧財產權；即使被非法的使用者盜取了資料，也可以經由擷取浮水印之認證工作，來判別資料的所有權，而進一步保護著作者的的權益。

本論文中提出一種有別於一般數位浮水印的嶄新數位浮水印技術，它是擁有可視型浮水印與不可視型浮水印的特性，被嵌入之浮水印可隨著圖片背景的颜色而去改變，以提高其隱藏效果。嵌入浮水印後的圖像(Watermarked-image)與原始圖片(Cover image)差異不大，人眼難以察覺，但調動可視角度後，即可顯示隱藏的浮水印。

另外在擷取浮水印時，本論文以多參數可調式伽瑪校正演算法(Multi-Parameters Adjustable Gamma Correction, MPA-GC)，來降低嵌入浮水印之後圖像的失真度。其在嵌入浮水印後，運用MPA-GC顯示出藏入浮水印之圖像，並增加其圖像之色彩飽和度外，非顯見可視性之浮水印也更易於為人類的視覺所辨識。此外，經實驗結果證明藏入浮水印之圖像，其影像品質PSNR可達50dB以上。

關鍵詞：浮水印、伽瑪校正、飽和度、失真度。

致謝

僅以此篇論文作為三年碩士生涯的紀錄，在此論文完成之際，更感「學而後知不足」。

本篇論文能順利完成，要感謝的人很多，首先要感謝子見的恩師 林祝興教授，在這三年來細心指導，使我獲益良多。感謝口試委員：張隆池教授、江憲坤教授及胡學誠教授，特別撥冗指正論文中錯誤，使本篇論文更加完整，並提供未來可再精進的方向。另外在此也要特別感謝劉榮春教授，在最後階段指導學生完成論文寫作，使論文更加完備。

感謝東海資訊安全實驗室的夥伴們，在各種生活上的點滴、課業上的討論，讓研究所的生活更加地多采多姿。感謝鎮宇學長及佳穎學長，對論文研究提出寶貴的意見，並在最後階段協助子見修改論文內容及格式。感謝一同與子見奮鬥的好戰友昇興、建興、書源、桂綸、本加、逸竹、哲維、冠翰、信雁，在諸位學長及學弟、妹們的相互鼓勵與支持下，讓大家共同熬過這碩士生涯的最後階段，能一同參加口試一起順利畢業。也感謝學弟妹泓彥、詩蓓、信斌、棠維，在臨近畢業前夕的幫忙，讓我能專注準備畢業論文及口試。

在此也要感謝子見在這三年來的工作夥伴：苗栗縣後備指揮部全體同仁及中部地區後備指揮部保防安全組全體同仁，因為有你們的包容及關愛，才能使子見的研究所學業能如期完成。

研究生期間讓子見成長許多，最要感謝的是我家人的精神支持，僅將此論文獻給子見最敬愛的爸爸楊曜廷先生、媽媽曹秀昭女士及弟弟楊智仁，與所有關心子見的親友、好友們；以及永遠給子見最大支持與陪伴的女友上容。今日終於完成碩士學位。

在此，致上我最大的感謝與祝福所有師長、家人、朋友、同事與學弟妹們，平安喜樂！願本實驗能對未來研究者有所裨益。

楊子見 謹上 2011/7

目次

Abstract	1
中文摘要	2
致謝	3
目次	4
圖目次	6
表目次	7
第 1 章 簡介	8
第 2 章 背景研究及相關文獻探討	10
2.1 數位浮水印	10
2.1.1 可視型數位浮水印(Visible Watermarking)	11
2.1.2 不可視型數位浮水印(Invisible Watermarking)	12
2.1.3 非顯見可視型數位浮水印(UVW)	13
2.2 伽瑪校正與其應用	15
2.2.1 伽瑪校正(Gamma Correction)	15
2.2.2 伽瑪校正(Gamma Correction)的應用	16
2.3 HSV 色彩屬性模式	17
2.3.1 色相(Hue, H)	18
2.3.2 飽和度(Saturation, S)	19
2.3.2 色調(Value, V)	19
2.4 非顯見可視型浮水印技術	20
2.5 峰值信噪比 (PSNR)	22
第 3 章 植基於多參數可調式伽瑪校正之非顯見可視性浮水印	23
3.1 MPA-UVW 之嵌入程序	24
3.2 MPA-UVW 之擷取程序	27
3.2.1 多參數可調式的伽瑪校正(MPA-GC)	27
3.2.2 影像處理軟體	29
3.2.3 調整視覺角度	29
第 4 章 實驗結果	30
4.1 MPA-UVW 實驗結果	30
4.2 MPA-UVW 強韌度之測試	35
4.2.1 旋轉攻擊	35
4.2.2 冷色系濾鏡攻擊	36
4.2.3 銳化攻擊	37
4.2.4 浮雕攻擊	38
4.2.5 魚眼攻擊	39

4.2.6 各種針對 MPA-UVW 及 UVW 攻擊之歸納.....	40
第 5 章 MPA-UVW 技術之比較.....	41
5.1 MPA-UVW 與 UVW 之比較.....	41
5.2 MPA-UVW 單一參數與多參數可調整伽瑪校正之比較	42
第 6 章 結論.....	44
參考文獻	45



圖目次

圖一：可視型數位浮水印之影像.....	11
圖二：不可視型數位浮水印之影像.....	12
圖三：經伽瑪校正後顯示出月球表面細節的部分.....	16
圖四：經過 UVW 演算法執行後之伽瑪校正.....	17
圖五：HSV 色彩空間.....	18
圖六：MPA-UVW 之流程圖.....	24
圖七：旋轉攻擊之實驗結果.....	35
圖八：冷色系濾鏡攻擊之實驗結果.....	36
圖九：銳化攻擊之實驗結果.....	37
圖十：浮雕攻擊之實驗結果.....	38
圖十一：魚眼攻擊之實驗結果.....	39
圖十二：UVW 之伽瑪校正與 MPA-UVW 技術之比較.....	42
圖十三：單一參數與多參數調整之比較.....	43



表目次

表一：可視型數位浮水印的特性及分析	12
表二：不可視型數位浮水印的特性及分析	13
表三：非顯見可視型數位浮水印的特性及分析	14
表四：原始彩色影像	30
表五：二位元數位浮水印	31
表六：實驗結果(一)	32
表七：實驗結果(二)	34
表八：各種針對 MPA-UVW 及 UVW 攻擊之歸納	40



第 1 章 簡介

近年來，由於國人習性的改變及網際網路的發達，許多企業紛紛將傳統的商業活動擴展至網際網路上，不僅為公司企業及其顧客帶來相當大的便利性，更拓展出電子購物、電子文件交換、線上廣播、隨選視訊等新的商機。但將影像、聲音、影片等以數位化的形式在網際網路上傳送，非常容易遭到非法的複製與盜用。如：近來就有許多網站，以極低廉的價格，以提供國內外高畫質電影供使用者下載觀看，使片商蒙受了不少的損失；另外也有許多會員制的論壇網站，經常以免費申請帳號為噱頭，提供國內、外賣作之漫畫影像，亦造成漫畫商重大的損害。因此，智慧財產所有權之認證及驗證的問題在數位化的網路環境中就顯得格外重要。而數位浮水印便是用來解決此一問題的有效技術。

在本篇論文中提出一種植基於多參數可調式伽瑪校正之非顯見可視性浮水印(Unseen Visible Watermarking Based on Multi-Parameters Adjustable Gamma Correction, MPA-UVW)。本論文所提出的方法主要是以 Huang 學者等人於 2007 年所提出的非顯見可視型的浮水印技術(Unseen Visible Watermarking, UVW)技術為基礎，我們保留了 UVW 嵌入浮水印後易於被人類的視覺所辨識的特性，在正常的視覺角度下嵌入浮水印之圖像會跟原始圖像無異，但是調整不同的視覺角度時，浮水印就變得清晰可見。

另一方面，MPA-UVW 還有幾個 UVW 所無法達成的特性，在原始圖片嵌入浮水印的過程中，透過演算法運算後，浮水印會隨著所嵌入區域之顏色而改變其原本的背景顏色，讓浮水印嵌入後的效果更佳，此外，在運用本論文所提出嶄新的多參數可調式的伽瑪校正演算法來進行對比調整，相較於 UVW 執行一般的伽瑪校正，除可增加圖像色彩飽和度外，所嵌入之浮水印也更易於肉眼辨識。由實驗結果證明，多參數可調式的伽瑪校正演算法可有

效降低失真度，嵌入浮水印之圖像 PSNR 值可達 50 dB 以上。

本論文架構如下：在第 2 章的部分，為背景研究及相關文獻探討。第 3 章簡介植基於多參數可調式伽瑪校正之非顯見可視性浮水印(MPA-UVW)相關實作細節。在第 4 章中，為 MPA-UVW 的實驗結果及強韌度測試。第 5 章為 MPA-UVW 技術與相關技術之比較。而最後第 6 章是結論。



第 2 章 背景研究及相關文獻探討

在本章中，將綜觀所有「數位浮水印」技術及由 Huang 學者等人於 2007 年所提出的非顯見可視型的數位浮水印技術，並且簡介伽瑪校正與其應用、HSV 色彩屬性模式等，並針對現行各種不同的技術，對其演算法原理進行介紹。

2.1 數位浮水印

「數位浮水印」指的是將浮水印的技術運用在數位媒體中，這些數位媒體包含數位化的圖像、聲音及影片等。在網路上使用時，為了防止遭人非法下載或使用，我們可以將一些具代表性的圖騰（如：商標或個人肖像），嵌入至這些數位媒體中。當有人非法使用這些數位媒體時，透過數位浮水印的擷取，可以用來證明誰是合法的持有者，藉以保護媒體的智慧財產權。

我們可以將「數位浮水印」視為簽章的一種，就像藝術家為自己的作品落款或用印一樣，但是數位媒體很容易遭到不法人士加以竄改，甚至把植入的浮水印去除，因此「數位浮水印」還必須具備強韌性(robustness)，也就是當數位媒體遭遇竄改後，仍能正確的將浮水印擷取出來，以確保擁有者的權益，這是「數位浮水印」技術中最重要的一個要求。

至於要如何植入「數位浮水印」？我們可以舉一個簡單的方法為例，數位化的影像以像素(pixel)為單位，在灰階影像中每一個像素以 8 個位元來儲存，我們可以將「數位浮水印」中的位元取代每個像素中最不重要的那個位元(LSB)，如此便完成植入的動作，雖然此舉會對影像造成些微的失真，但是肉眼並不容易察覺，另外這種方法也不夠安全，任何非法的使用者很容易就可以將植入的「數位浮水印」去除，因此必須使用其他更安全更強韌的技術

來植入「數位浮水印」。

總而言之，「數位浮水印」是用來保護數位媒體智慧財產權的一種方法，同時必須具備安全及強韌等特性。尤其近年來，網際網路已經成為我們生活中不可或缺的一部份，所有在網際網路上流通的全都是數位媒體，要如何保護這些數位媒體已經成為非常重要的一個課題，以下本論文就針對各類型數位浮水印及相關技術來探討。

2.1.1 可視型數位浮水印(Visible Watermarking)



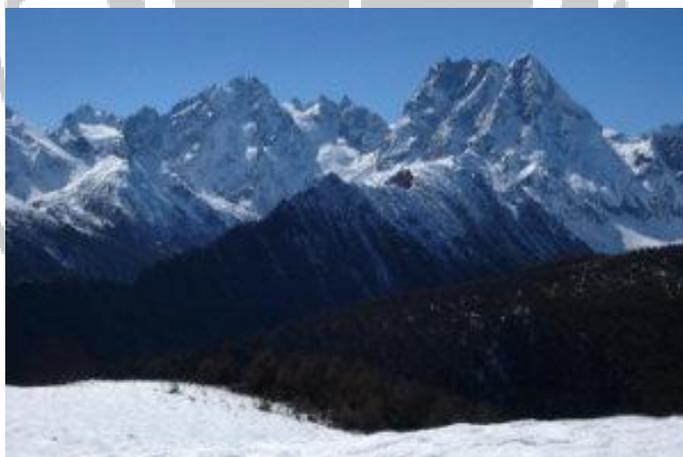
圖一：可視型數位浮水印之影像

數位浮水印大致可分為可視型和不可視型兩種，前者就是可被看見的浮水印 (Visible Watermarking)，這類可視型數位浮水印技術的主要優點就是不必透過任何運算，就可以經由人的肉眼來辨識出浮水印之圖像，如圖一。然而，可視型浮水印其主要缺點是破壞了媒體原有的美觀。此外，透過各種影像處理工具，惡意使用者可以輕易地將媒體中的浮水印移除，甚至再加上其他的圖騰。因此，可視型的浮水印較不適合現今之應用。在表一中，我們針對可視型數位浮水印的特性及分析來作描述。

表一：可視型數位浮水印的特性及分析

可視型數位浮水印	
特性	<ol style="list-style-type: none">1. 不必經由任何運算，就可以經由人的肉眼來辨識出。2. 商標及文字標示多為可視型數位浮水印。
優點	<ol style="list-style-type: none">1. 易於識別。2. 製作成本低。3. 容易操作執行。
缺點	<ol style="list-style-type: none">1. 容易遭惡意使用者移除。2. 破壞原始圖片之美觀。

2.1.2 不可視型數位浮水印(Invisible Watermarking)



圖二：不可視型數位浮水印之影像

不可視的數位浮水印(Invisible Watermarking)技術其嵌入之數位浮水印在一般的狀況下無法用肉眼辨識，所以具有較佳的視覺品質，如圖二，其必須透過特殊的擷取程序才能顯現浮水印圖像。然而，當已藏入浮水印的媒體

在開放式網路環境中傳送時，攻擊者可能會用盡各種方法來破壞已藏入之浮水印，讓合法擁有者無法追溯此媒體的著作權。因此，不可視的數位浮水印技術則必需具有更佳的強韌性用以抵抗各種訊號處理的攻擊，所以其複雜度及成本亦會提高許多。相較於可視型的浮水印技術，不可視型的浮水印技術通常具有較佳的能力來抵抗各類訊號處理的破壞，也較符合現今的各種應用。在表二中，我們針對不可視型數位浮水印的特性及分析來作描述。

表二：不可視型數位浮水印的特性及分析

不可視型數位浮水印	
特性	<ol style="list-style-type: none"> 1. 較常使用之數位浮水印方法。 2. 具有良好的視覺品質。
優點	<ol style="list-style-type: none"> 1. 不會影響在原始圖片上之美觀。 2. 較可視型數位浮水印具有較佳的能力來抵抗各類訊號處理的破壞。 3. 具有較高的商業價值。
缺點	<ol style="list-style-type: none"> 1. 複雜度及成本高。 2. 強韌性及安全性目前仍遭受質疑。

2.1.3 非顯見可視型數位浮水印(UVW)

非顯見可視型的浮水印技術(Unseen Visible Watermarking, UVW)，是由Huang 學者等人於2007年所提出，它是種結合可視型和不可視型浮水印技術之優點於一身的作法。UVW同時解決了在Visible Watermarking中破壞原始圖片之美觀及在Invisible Watermarking中費時擷取浮水印複雜度的問題，相關的操作程序本論文將在2.4節做詳細介紹。

其在嵌入浮水印之後的圖像 (Stego Image) 以正常的視覺角度觀看時，外觀與原始圖像無異，但改變不同的視覺角度時，浮水印就會顯示出來，可輕易地用肉眼所辨識。此外，它也可以經由伽瑪校正(Gamma Correction) 的方式，將浮水印顯示出來。

由於 UVW 仍是種較新穎的技術，但目前尚無許多針對 UVW 的研究，因此，我們相信 UVW 之技術在未來會有很大的潛力可以被廣泛地應用，因為它同時擁有 Visible Watermarking 及 Invisible Watermarking 的特性。在表三中，我們針對非顯見可視型數位浮水印的特性及分析來作描述。

表三：非顯見可視型數位浮水印的特性及分析

非顯見可視型數位浮水印	
特性	<ol style="list-style-type: none"> 1. 同時擁有 Visible Watermarking 及 Invisible Watermarking 的特性。 2. 在正常的視覺角度下，其視覺品質是接近 Invisible Watermarking 的。 3. 為目前數位浮水印中較為新穎的技術。
優點	<ol style="list-style-type: none"> 1. 在嵌入數位浮水印後，不會降低視覺品質。 2. 不須額外的擷取浮水印之程序。 3. 改變不同的視覺角度時，浮水印就可以輕易地用肉眼所辨識。
缺點	對於目前現行的浮水印攻擊中，UVW之強韌性及安全性仍須加強。

2.2 伽瑪校正與其應用

2.2.1 伽瑪校正(Gamma Correction)

許多顯視器系統中通常都有冪律現象(Power-law)的特性，在早期陰極射線管(CRT)螢幕上，當輸入同一單位電壓並不會產生等量的亮度，它所產生的強度通常不是線性，因此，為了正確顯示畫面，就刻意產生一個曲線關係，如 (1)，讓最終輸出的影像成為線性影像，這就稱為伽瑪校正(Gamma Correction)。

$$I_{output} = c \times I_{input}^{\gamma} \quad (1)$$

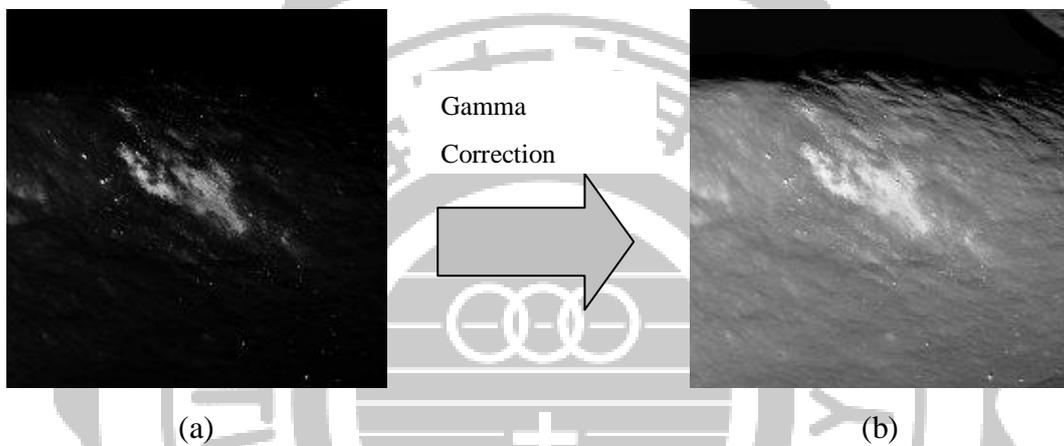
(1) 式中 c 和 γ 為常數， I_{input} 為顯示器輸入的強度， I_{output} 為輸出的強度，在常見的顯示設備中， γ 值通常介於 1.8~2.5 之間，以便於將畫面較黑暗的部分調整到適當的強度。

另一方面，在人類的視覺系統中，我們歸納了兩個主要的特性：人眼對灰度變化的感覺比對色調變化的感覺來得敏銳及人眼對低亮度變化的感覺比對高亮度變化的感覺來得敏銳。換言之，人眼對於分辨黑暗中的細節比明亮中的細節還要更敏感，這是因為人眼的感光曲線是以非線性的方式記錄訊號的，所以電腦螢幕必須透過伽瑪校正來降低人眼的誤判率。

現今的液晶顯示器(TFT)中，本身雖然沒有先天上的伽瑪問題，但是為了要迎合傳統的工作流程 TFT 螢幕會刻意模擬出伽瑪校正後的效果，用以補償液晶在物理特性上成非線性之缺點。

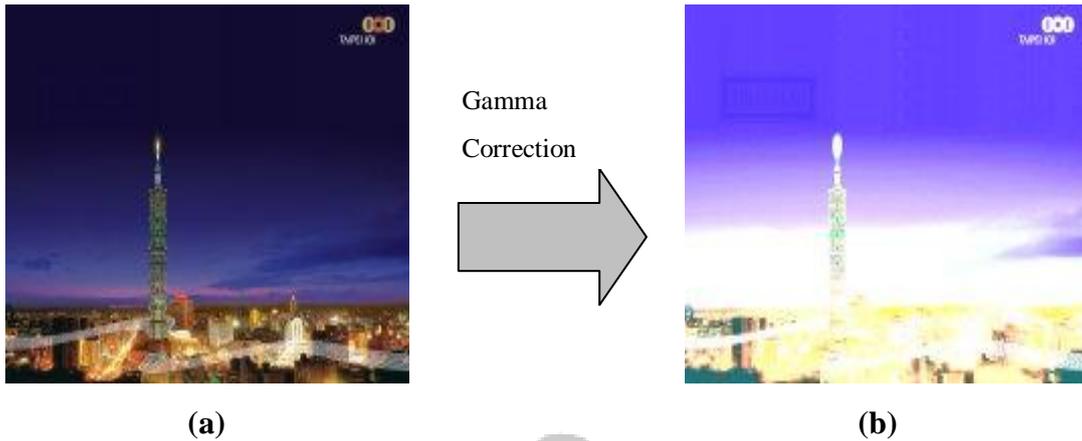
2.2.2 伽瑪校正(Gamma Correction)的應用

揭露數位影像隱藏訊息之技術近年來已被廣泛應用，利用此技術可以揭露影像上未公開之細節，例如：地理環境、天文學或自然現象等。我們以圖三月球表面來實作伽瑪校正之過程，在(a)的部分，月球表面的細節相當不易辨識，但經過伽瑪校正後，如(b)，細節部分就相當清晰且易於辨識。



圖三：經伽瑪校正後顯示出月球表面細節的部分

在 UVW 方法中，為了要將浮水印表現於圖像上，所以需要進行伽瑪校正，但調整結果往往使得整張圖像過度曝光，使其對比度偏高(如圖四)，造成在人類視覺系統辨識不易，所以在本論文中提出了多參數可調式的伽瑪校正技術(MPA-GC)，用以提升藏入浮水印後的圖像品質，並降低失真度。



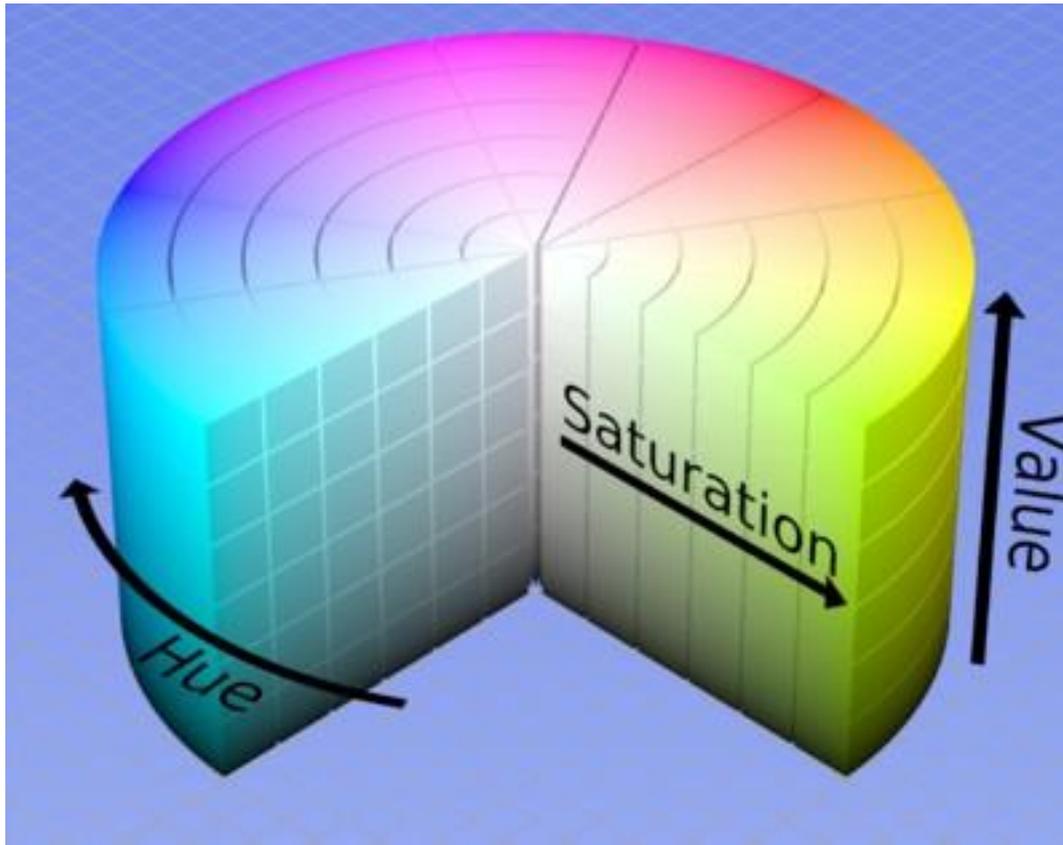
圖四：經過 UVW 演算法執行後之伽瑪校正

2.3 HSV 色彩屬性模式

許多人都知道在繪畫時可以使用紅色(Red, R)、綠色(Green, G)和藍色(Blue, B)這三種原色生成不同的顏色，這些顏色就定義了一個色彩空間。我們表示這三種原色最大值為 MAX，最小值為 MIN。

而在本篇論文中，使用另外一生成同樣顏色的方法是使用色相(Hue, H)、飽和度(Saturation, S)和色調(Value, V)表示，這種方法稱為 HSV 色彩空間。HSV 色彩模型是一種在 RGB 色彩模組下，常見的圓柱座標表示法。HSV 色彩屬性模式是根據色彩的三個基本屬性：色相、飽和度和明度來確定顏色的一種方法。如圖五：表示 HSV 的色彩空間。

HSV 色彩空間其色相是沿著圓柱體的外圓周變化，飽和度是從橫截面圓心的距離變化，而色調則是從底面到頂面的距離而變化。



圖五：HSV 色彩空間

2.3.1 色相(Hue, H)

色相 (Hue) 是色彩的基本屬性，就是平常所說的顏色名稱。色相指的是色彩的外觀，是在不同波長的光照射下，人眼所感覺不同的顏色，如紅色、黃色、藍色等。

$$H = \begin{cases} \left(6 + \frac{G - B}{MAX - MIN}\right) \times 60^\circ, & \text{if } R = MAX \\ \left(2 + \frac{B - R}{MAX - MIN}\right) \times 60^\circ, & \text{if } G = MAX \\ \left(4 + \frac{R - G}{MAX - MIN}\right) \times 60^\circ, & \text{if } B = MAX \end{cases} \quad (2)$$

(2)式中計算結果就是在圖五圓柱體環型顏色中的值，其中色相(H)的值為 $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ 。

2.3.2 飽和度(Saturation, S)

飽和度(Saturation, S)指的就是色彩的濃度，亦可稱為色彩的純度。在飽和度中，其值越高代表越接近原色，反之，其值越低則越接近白色。如圖五所示，飽和度是沿著從橫截面的圓心的距離來做變化。飽和度的強度是與光線強弱和在不同波長的強度分布有關。最高的飽和度值，一般是由單波長的強光（例如：雷射）達到，在波長分布不變的情況下，光強度越弱則色度越低。下列(3)式表示飽和度值：

$$S = \frac{MAX - MIN}{MAX} \quad (3)$$

2.3.2 色調(Value, V)

色調指的是顏色的亮度，不同的顏色具有不同的色調。如圖五，若色調值越小越接近黑色。如果 $V=0$ ，則沒有亮度，表示為純黑色。下列(4)式表示色調值：

$$V = MAX \quad (4)$$

依上述(4)式中，可以發現其色調的值，在色彩空間模型中是 R、G 和 B 三者中的極大值。

2.4 非顯見可視型浮水印技術

非顯見可視型浮水印技術(Unseen Visible Watermarking ; UVW)僅適用於深色系의影像，因此，它在選擇嵌入浮水印的區塊必須和浮水印屬同一色系。當浮水印嵌入之後，來達到正常視角下觀看，浮水印呈現不可視的效果，否則因為背景顏色的差異，很容易就將浮水印凸顯出來。UVW 之操作程序概述如下：

步驟 1：進行伽瑪校正

$$q = c \times p^\gamma \quad (5)$$

P 是 input 值， q 是 output 值， c 與 r 為常數項，且 γ 值需小於 1。

步驟 2：選擇最佳強度(Best Level Selection)

$$i^* = \arg \max \nabla F(i) \quad (6)$$
$$F(i), 0 \leq i \leq 255, 0 \leq F(i) \leq 255$$

選擇最佳強度 i^* ，用以嵌入浮水印。 $\nabla F(i)$ 為強度映射函數，並定義其範圍介於 0~255 間。

步驟 3：去除雜訊 (De-noising)

$$I'_k = Q(I, \delta_k), \delta_k \leq \delta_{\max} \quad (7)$$

I'_k 為執行了 k 次去除雜訊之輸出， δ_k 受上限 δ_{\max} 約束，並表示重複第 k 次去雜訊操作。

步驟 4：選擇嵌入浮水印之區域

$$(x^*, y^*) = \arg \max_{x_0, y_0} \sum_{x=x_0}^{x_0+w_w-1} \sum_{y=y_0}^{y_0+h_w-1} |I'_k(x, y) - i^*| \quad (8)$$

嵌入的區域是選擇介於 De-noising 及 The Best Level 強度之最大絕對值差之位置。

步驟 5：假如符合以下條件，否則去除雜訊的動作不會被終止

$$\sum_{x=x_0}^{x_0+w_w-1} \sum_{y=y_0}^{y_0+h_w-1} C(I'_k(x, y) - i^*) \leq w_w \times h_w \times T \quad (9)$$

where $C(t) = \begin{cases} 1, & \text{if } t = 0, \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$

在此步驟中，去除雜訊將一直重複執行，直到 C 點的強度值總和等於最佳強度 i^* 且小於其門檻值 T 。

步驟 6：決定浮水印的強度

$$\Delta = \max(1, \sigma_s), \quad (10)$$

where $S = \{I'_k(x, y) \mid x_0 \leq x < x_0 + w_w, y_0 \leq y < y_0 + h_w\}$

浮水印嵌入的強度會依據嵌入的位置進行像素值微調， Δ 調整的程度依照經驗將它設置為 3。

步驟 7：嵌入程序

$$\hat{I}(x, y) = \begin{cases} I_k(x, y) + \Delta, & W(x - x_0 + 1, y - y_0 + 1) = 1 \\ I_k(x, y), & \text{otherwise} \end{cases} \quad (11)$$

$$x_0 \leq x < x_0 + w_w, y_0 \leq y < y_0 + h_w$$

最終產生藏入浮水印之圖像(Stego Image) $\hat{I}(x, y)$ 。

2.5 峰值信噪比 (PSNR)

峰值信噪比(Peak Signal-to-Noise Ratio ; PSNR)基本意思就是峰值信號與雜訊的比值，通常用以比較影像的差異性。當然，數值越大，說明影像的雜訊越小，通常在經過影像壓縮之後，輸出的影像通常都會有某種程度與原始影像不一樣。為了衡量經過處理後的影像品質，我們通常會參考 PSNR 值來認定影像處理程序是否令人滿意。PSNR 值越大，就代表失真越少。PSNR 值之計算過程如(12)式所表示：

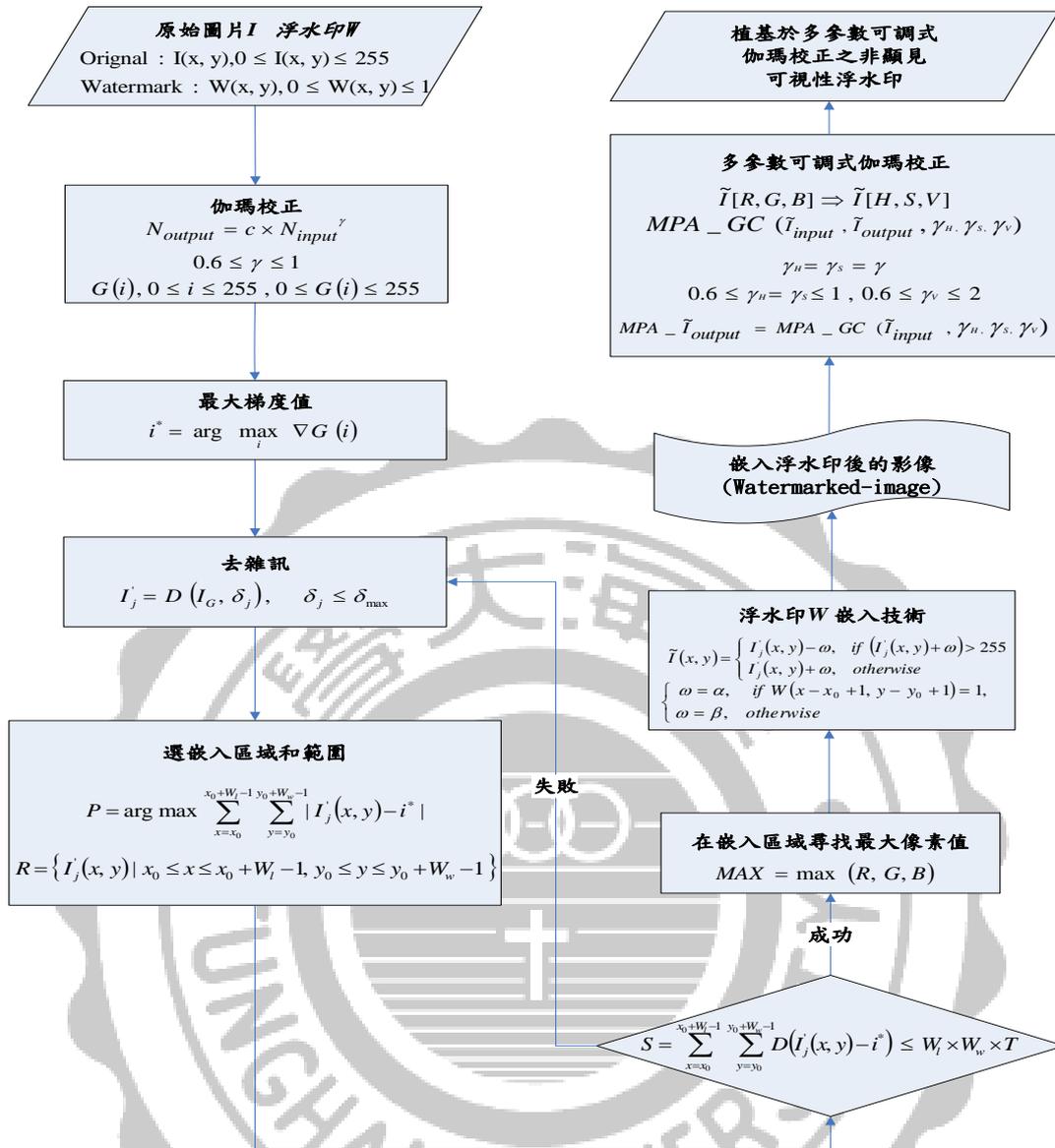
$$PSNR = 10 \times \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \quad (\text{unit : dB}) \quad (12)$$

基本上 PSNR 值大於 30 以上，人的視覺感官並不會容易發覺有很大的變動。所以它是一個較為客觀的評比數據。雖然有時候並不能完全代表人的主觀感受，但目前使用 PSNR 值仍是鑑定影像差異性的主流。

第 3 章 植基於多參數可調式伽瑪校正 之非顯見可視性浮水印

在第 3 章中，提出一種運用不同於現行伽瑪校正的新穎浮水印技術-植基於多參數可調式伽瑪校正之非顯見可視性浮水印 (Unseen Visible Watermarking Based on Multi-Parameters Adjustable Gamma Correction, MPA-UVW)。MPA-UVW 是建立在 UVW 技術的基礎之上。我們保留了 UVW 嵌入浮水印後易於被人類的視覺所辨識的特性，及其在正常的視覺角度下嵌入浮水印之圖像會跟原始圖像無異，但是調整不同的視覺角度時，浮水印就變得清晰可見。

另一方面，MPA-UVW 還有幾個 UVW 所無法達成的特性，在原始圖片嵌入浮水印的過程中，透過本論文的演算法運算後，浮水印會隨著所嵌入區域之顏色而改變其原本的背景顏色，讓浮水印嵌入後的效果更佳，以增進其藏匿性；此外，在運用多參數可調式的伽瑪校正演算法(MPA-GC)來進行對比度調整，相較於 UVW 執行一般的伽瑪校正，除可增加圖像色彩飽和度外，所嵌入之浮水印也更易於肉眼辨識，並降低其失真度。我們分別描述 MPA-UVW 執行的流程，如圖六。



圖六：MPA-UVW 之流程圖

3.1 MPA-UVW 之嵌入程序

在嵌入的程序中，首先如公式(13)先定義原始圖片(Original image)及浮水印(Watermark)的範圍後，再將原始圖像進行伽瑪校正，計算出嵌入浮水印的最佳區域及位置，再將浮水印嵌入原始圖像中。嵌入浮水印之圖像在正常的視覺角度看起來與原始圖像無異，但從不同的視覺角度，即可變成可視性浮水印。

$$\begin{aligned} \text{Original} : I(x, y), 0 \leq I(x, y) \leq 255 \\ \text{Watermark} : W(x, y), 0 \leq W(x, y) \leq 1 \end{aligned} \quad (13)$$

依圖六所描述之流程，為了尋找最大梯度值 (The Largest Gradient)，首先把原始圖像進行一般的伽瑪校正計算，如公式(14)， N_{input} 為顯示器輸入的強度， N_{output} 為輸出的強度，其中 c 和 γ 為常數。在第一次的伽瑪校正中， γ 值調整的程度應介於 0.6~1 間，實驗結果發現最佳值應設定為 0.6。

$$\begin{aligned} N_{output} &= c \times N_{input}^{\gamma} \\ 0.6 &\leq \gamma \leq 1 \\ G(i), 0 \leq i \leq 255, 0 &\leq G(i) \leq 255 \end{aligned} \quad (14)$$

如公式(15)，最大梯度值 i^* 代表參數 I 可以取代 $\nabla G(i)$ 函數所產生的最大梯度值。當執行完伽瑪校正後，所要嵌入的浮水印就會依照 i^* 來選擇浮水印嵌入之位置。

$$i^* = \arg \max_i \nabla G(i) \quad (15)$$

然而在經過伽瑪校正後，會放大原始圖像中的雜訊，所以浮水印嵌入的過程中，必須進行去除雜訊的程序，這是為了保證視覺品質不會嚴重降低，所以去除雜訊的過程是由參數 δ_j 依公式(16)來控制。

$$I_j = D(I_G, \delta_j), \quad \delta_j \leq \delta_{\max} \quad (16)$$

δ_j 值是用於表現執行了第 j 次去除雜訊的操作，它受限於一個上限值

δ_{\max} ； I_G 為伽瑪校正後之影像， I'_j 為經過 De-noising 操作後之影像。

$$P = \arg \max \sum_{x=x_0}^{x_0+W_l-1} \sum_{y=y_0}^{y_0+W_w-1} |I'_j(x, y) - i^*| \quad (17)$$

為了找到最適合嵌入浮水印的位置 P ，如公式(17)，其方式是取 I'_j 與 i^* 強度有最大絕對值差的位置。

$$R = \{ I'_j(x, y) \mid x_0 \leq x \leq x_0 + W_l - 1, y_0 \leq y \leq y_0 + W_w - 1 \} \quad (18)$$

當選擇最適合的位置 P 後，必須定義嵌入的區域 R ，如公式(18)，它必須與欲嵌入的浮水印有相同的大小。

$$S = \sum_{x=x_0}^{x_0+W_l-1} \sum_{y=y_0}^{y_0+W_w-1} D(I'_j(x, y) - i^*) \leq W_l \times W_w \times T \quad (19)$$

在公式(19)中，將 T 設為一個預先設定的門檻值，假如 D 點的強度值總和與 i^* 相同，且小於門檻值 T 時，則函數 S 成立，即中止去除雜訊的程序。若函數 S 不成立，則返回繼續進行去除雜訊之程序。

$$MAX = \max (R, G, B) \quad (20)$$

為了調整影像色彩的飽和度，依公式(20)尋找其所嵌入區域每個像素之紅色 (Red, R)、綠色(Green, G)、藍色(Blue, B)色彩的最大值，以其作為每個像素之索引值 (Index)，以便依照這些索引值來作調整。

在浮水印 W 的嵌入技術中，可以依公式(21)來調整浮水印其 α 、 β 強度，假如像素值等於 1 即設置為 α ，否則就設置為 β ，這是為了建立其差異性，以便於揭露所嵌入之浮水印。

$$\tilde{I}(x, y) = \begin{cases} I_j(x, y) - \omega, & \text{if } (I_j(x, y) + \omega) > 255 \\ I_j(x, y) + \omega, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (21)$$

$$\begin{cases} \omega = \alpha, & \text{if } W(x - x_0 + 1, y - y_0 + 1) = 1, \\ \omega = \beta, & \text{otherwise} \end{cases}$$

若 I_j 與浮水印之強度和大於 255，就運用減法運算來取代加法運算，用來產生嵌入浮水印後的影像(Watermarked-image) $\tilde{I}(x, y)$ 。

3.2 MPA-UVW 之擷取程序

在本節中我們分別描述多參數可調式的伽瑪校正(MPA-GC)的施作細節及其演算法；另外，在 MPA-UVW 技術中，浮水印擷取的方式亦包含下列幾種方法：影像處理軟體及調整視覺角度等。

3.2.1 多參數可調式的伽瑪校正(MPA-GC)

在 UVW 的演算法中，僅針對嵌入浮水印之圖像實施一般的伽瑪校正，定義為單一參數，並限制必須小於 1；而在 MPA-UVW 中，除在嵌入浮水印的流程中，針對原始圖像首先實施一般的伽瑪校正外，在取出的程序中，本

論文提出了一種有別於現行伽瑪校正技術的嶄新方法-多參數可調式伽瑪校正(Multi-Parameters Adjustable Gamma Correction, MPA-GC)。首先將藏入浮水印之圖像 \tilde{I} 像素值 RGB 轉換為色相(Hue, H)、飽和度(Saturation, S)及色調(Value, V)型態，如公式(21)。

$$\tilde{I}[R, G, B] \Rightarrow \tilde{I}[H, S, V] \quad (21)$$

如公式(22)，將多參數可調式的伽瑪校正定義為 $MPA_GC(\tilde{I}_{input}, \tilde{I}_{output}, \gamma_H, \gamma_S, \gamma_V)$ ，並且運用演算法 $MPA_GC(\tilde{I}_{input}, \gamma_H, \gamma_S, \gamma_V)$ 分別針對像素值 H、S、V 來運算。

$$\begin{aligned} MPA_GC(\tilde{I}_{input}, \tilde{I}_{output}, \gamma_H, \gamma_S, \gamma_V) \\ \gamma_H = \gamma_S = \gamma \\ 0.6 \leq \gamma_H = \gamma_S \leq 1, 0.6 \leq \gamma_V \leq 2 \end{aligned} \quad (22)$$

其中，在 $MPA_GC(\gamma_H, \gamma_S)$ 值的部分，延續運用第一次伽瑪校正所使用的值，其範圍為 $0.6 \leq \gamma_H = \gamma_S \leq 1$ ；另外針對 γ_V 來實施動態調整，範圍為 $0.6 \leq \gamma_V \leq 2$ ，使 \tilde{I} 所藏入之浮水印，在正常的視覺角度下變成可視性浮水印，且該圖像色彩更飽和，視覺上較一般的伽瑪校正更細緻。

3.2.2 影像處理軟體

為了要擷取出浮水印也可將 Watermarked-image 載入 PhotoImpact 等的影像處理軟體，直接針對伽瑪值作調整操作，將浮水印顯示出來，惟往往顯示出來之效果，較多參數可調式伽瑪校正之效果差。

3.2.3 調整視覺角度

在 MPA-UVW 中，要擷取出浮水印，還有另外一個更簡單、便利的方法，就是調整視覺角度，首先將 Watermarked-image 輸出於 LCD 螢幕上，並且調整螢幕視角，直接以我們的肉眼，就可以清楚的擷取浮水印了。



第 4 章 實驗結果

在本章中，除了提出 MPA-UVW 之實驗結果外，另外也以 5 種常見之攻擊型態，針對 MPA-UVW 技術之 Watermarkrd-image 來進行強韌度測試等相關實驗結果。

4.1 MPA-UVW 實驗結果

在本實驗中，運用各種不同規格的彩色圖片，如表四：(a)尺寸：400×400 pixels 正方形及(b)尺寸：1024×768 pixels 長方形，作為原始影像(Original Image)，另外使用如表五(a)5 字元，尺寸：160×60 pixels 及 9 字元，(b)尺寸：250×100 pixels 之二元圖片，作為數位浮水印，將二元數位浮水印嵌入彩色影像中，並運用本論文所提出的多參數可調式伽瑪校正(MPA-GC)後，除可增加圖像色彩飽和度外，所嵌入之浮水印也更易於肉眼辨識。

表四：原始彩色影像



*(a)、(b)為原始彩色影像，尺寸分別為(a) 400×400、(b)1024×762 Pixels

*圖片出處：http://www.taipei-101.com.tw/NEWSV/down_wallpaper.html

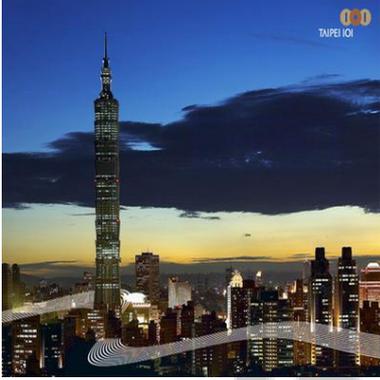
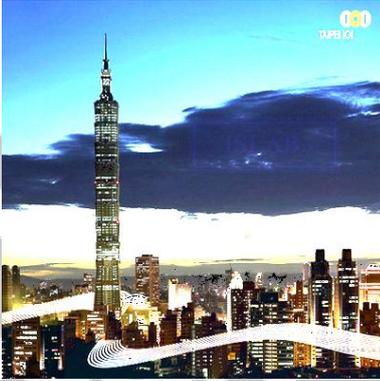
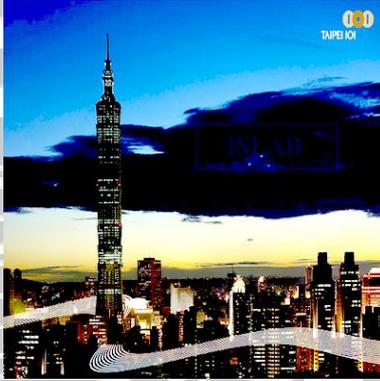
表五：二位元數位浮水印

	
(a)	(b)

*(a)、(b)為二位元數位浮水印，尺寸分別為(a) 160×60、(b)250×100 Pixels

在表六中，我們以表五(a)字元數較少之浮水印，嵌入表四(a)之彩色影像中，實驗結果(a)表示嵌入浮水印後的圖像，其 PSNR 值為 53.50 dB，此外，浮水印會隨著嵌入區域之顏色而改變其原本的背景顏色，浮水印就不再是原本的二元影像。(b)表示浮水印所嵌入的區域，並以紅色遮罩標示，其所嵌入的區域在建築物旁的雲間。(c)表示運用多參數可調式的伽瑪校正後之圖像；首先將 MPA-GC(γ_H, γ_S) 值的部分，延續運用第一次伽瑪校正所使用的值設為 0.6，另外針對 γ_V 來實施動態調整並設定為 1.3，使 MPA-GC 後之圖像並不會像 UVW 一樣造成對比度太高的情況，反而可增加其色彩飽和，讓浮水印明顯可見，也較容易被人類的視覺系統所接受。(d)則是使用現行的影像處理軟體 PhotoImpact 10 調整 Gamma 值為 1.3，來擷取數位浮水印，其浮水印顯示的效果差異不大，惟其整體影像略偏黑暗，因此顯示的效果較 MPA-GC 效果來的差，亦較不為人類視覺系統所接受。(e)為正常視覺角度下觀看，我們以數位相機(SONY NEX-5)拍攝，其看起來與原始圖像無異，(f)則為改變 LCD 螢幕的視覺角度後，則浮水印就可輕易的顯現出來。

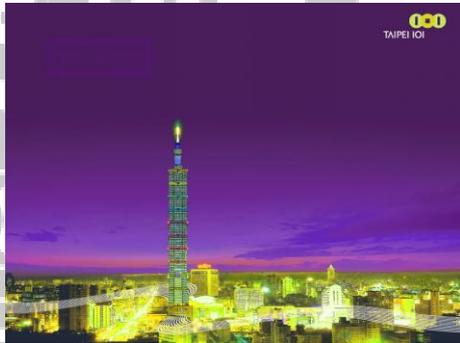
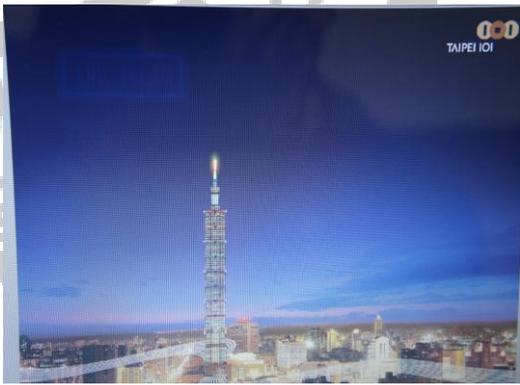
表六：實驗結果(一)

	
<p>(a) Watermarked-image(PSNR : 53.50)</p>	<p>(b) 浮水印嵌入區域</p>
	
<p>(c) MPA-GC(0.6,0.6,1.3)</p>	<p>(d)使用 PhotoImpact 軟體擷取浮水印</p>
	
<p>(e)在正常視覺角度下</p>	<p>(f)調整 LCD 螢幕視角後</p>

*使用 160×60 pixels 二位元浮水印嵌入 400×400 pixels 彩色影像之實驗結果

我們再以如表四(b)中不等邊長度之彩色影像，並加大二元浮水印尺寸及加長字元數如表五(b)，來實施浮水印嵌入運算，以增加運算之複雜度；顯示於表七的實驗結果中，(a)表示嵌入浮水印後的圖像，其 PSNR 值為 58.66 dB，因浮水印會隨著嵌入區域之顏色而改變其原本的背景顏色，使浮水印隱藏之效果佳，並增加其藏匿性。(b)其所嵌入的區域在建築物左上方較為陰暗之雲間，並以紅色區塊標示浮水印所嵌入的區域。(c)表示運用多參數可調式的伽瑪校正後之圖像；首先將 MPA-GC(γ_H, γ_S) 值的部分，延續運用第一次伽瑪校正所使用的值設為 0.6，另外針對 γ_V 來實施動態調整並設定為 1.5，使 MPA-GC 後之圖像並不會像 UVW 一樣造成對比度太高的情況，反而可增加其色彩飽和，讓浮水印明顯可見，也較容易被人類的視覺系統所接受。在本實驗我們使用與表六中不同參數之 MPA-GC，亦可讓浮水印明顯可見，也證明本論文所提出之 MPA-GC 其動態調整範圍較一般伽瑪校正施作效果更佳。(d)則是使用現行的影像處理軟體 PhotoImpact 10 來擷取數位浮水印，調整 Gamma 值至 1.5，其顯示的效果較 MPA-GC 差，且整體顏色與(a)差異甚大，失真度高。(e)為正常視覺角度下觀看，我們以數位相機(SONY NEX-5)拍攝，其看起來與原始圖像無異，(f)為改變 LCD 螢幕的視覺角度後，則浮水印就會顯現出來。

表七：實驗結果(二)

	
<p>(a) Watermarked-image(PSNR : 58.66)</p>	<p>(b) 浮水印嵌入區域</p>
	
<p>(c) MPA-GC(0.6,0.6,1.5)</p>	<p>(d)使用 PhotoImpact 軟體擷取浮水印</p>
	
<p>(e)在正常視覺角度下</p>	<p>(f)調整 LCD 螢幕視角後</p>

*使用 250×100 二位元浮水印嵌入 1024×762 Pixels 彩色影像之實驗結果

4.2 MPA-UVW 強韌度之測試

為了驗證本論文所提出 MPA-UVW 的強韌性，及可以抵抗現行各項常見之攻擊，在本節中我們以 Watermarked-image 來實施各項的浮水印強韌度之測試。因此，本浮水印強韌度測試我們以 5 種常見之攻擊：旋轉、冷色系濾鏡、銳化、浮雕及魚眼等攻擊法來實施驗證。另外，為了顯示 MPA-UVW 的強韌性，本論文也將同類型的 UVW 來作攻擊之比較。

4.2.1 旋轉攻擊

我們將 Watermarked-image 順時針旋轉 45 度，如圖七。旋轉 45 度攻擊對於 MPA-UVW 及 UVW 無效的，我們都可以清楚的觀察到浮水印。

圖七：旋轉攻擊之實驗結果

	MPA-UVW	UVW
Watermarked-image		
Gamma Correction		

4.2.2 冷色系濾鏡攻擊

在本實驗中我們以冷色系濾鏡對 Watermarked-image 作攻擊，如圖八。本攻擊即是運用影像處理軟體模擬相機濾鏡的功能，而冷色系濾鏡則是模擬藍色的彩色平衡濾鏡，以提高影像色溫，並將其調整至 Level 2 來實施。冷色系濾鏡攻擊在 Watermarked-image 中對於 MPA-UVW 及 UVW 無效的，我們都可以清楚的觀察到浮水印。但 Gamma Correction 之影像，再經過冷色系濾鏡攻擊後，於 MPA-UVW 可以清楚觀察到浮水印，而 UVW 之浮水印已消失。因此，在本攻擊中，MPA-UVW 較 UVW 具強韌性。

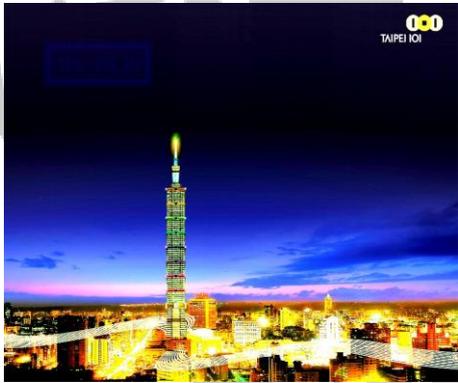
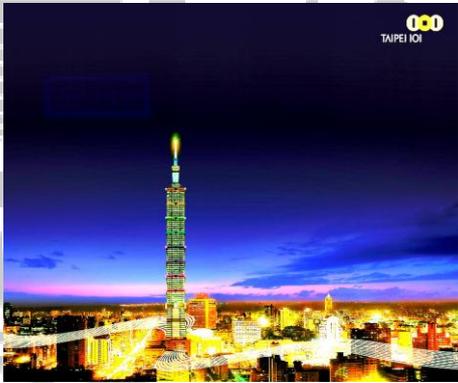
圖八：冷色系濾鏡攻擊之實驗結果

	MPA-UVW	UVW
Watermarked-image		
Gamma Correction		

4.2.3 銳化攻擊

在本實驗中我們以銳利化對 Watermarked-image 作攻擊，如圖九。所謂銳利化其可以強化影像中邊緣的可見度，因此銳利化會提高影像的對比，讓顏色深的更深，淺得更淺。所以我們將銳化攻擊半徑設定為 250 Pixels，數量設定為 250 %，並將其臨界值設定為 15 Levels。銳化攻擊在 Watermarked-image 中對於 MPA-UVW 及 UVW 無效的，我們都可以清楚的觀察到浮水印。惟 Gamma Correction 之影像，再經過銳化攻擊後，於 MPA-UVW 可以清楚觀察到浮水印，而 UVW 之浮水印已模糊不清。因此，在本攻擊中，MPA-UVW 較 UVW 浮水印技術具接受銳化攻擊之強韌度。

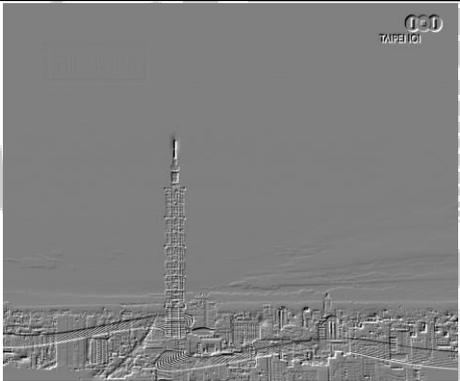
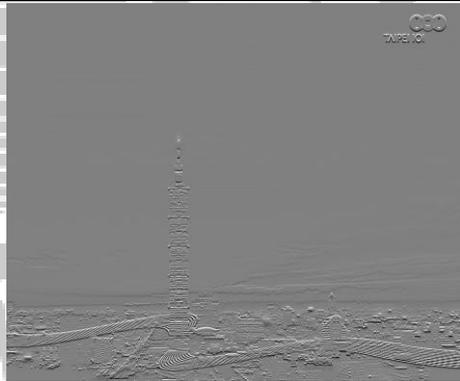
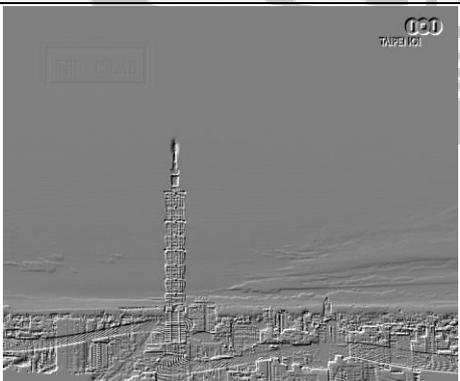
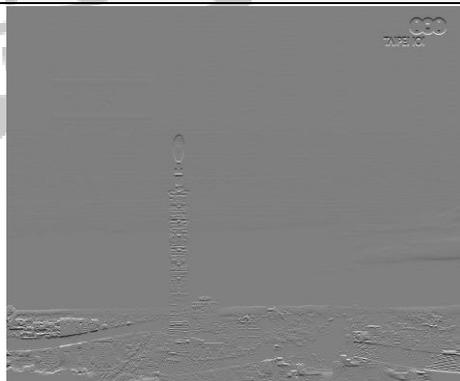
圖九：銳化攻擊之實驗結果

	MPA-UVW	UVW
Watermarked-image		
Gamma Correction		

4.2.4 浮雕攻擊

在本實驗中我們以浮雕對 Watermarked-image 作攻擊，如圖十。本攻擊即是運用影像處理軟體中「浮雕」的功能，並將浮雕深度調整至 Level 3 來實施攻擊。浮雕攻擊在 Watermarked-image 中對於 MPA-UVW 還可以看到浮水印之邊框，但在 UVW 中卻已看不見浮水印。而在 Gamma Correction 中，經過浮雕攻擊後，於 MPA-UVW 可以清楚觀察到浮水印，而 UVW 之浮水印卻已消失。因此，經實驗結果可以證明，在浮雕攻擊中，MPA-UVW 較 UVW 具強韌性。

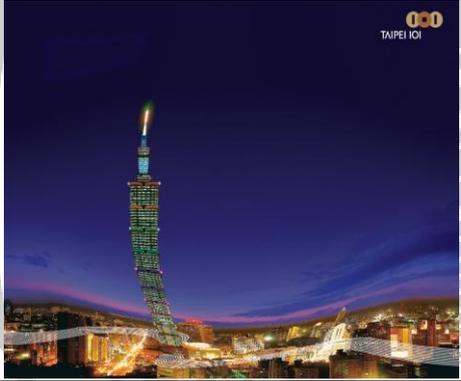
圖十：浮雕攻擊之實驗結果

	MPA-UVW	UVW
Watermarked-image		
Gamma Correction		

4.2.5 魚眼攻擊

在本實驗我們以模擬魚眼攝影方式對 Watermarked-image 作攻擊，如圖十一。本攻擊即是運用影像處理軟體模擬相機魚眼鏡頭之的功能，並調整魚眼範圍為 50% 來實施攻擊。由實驗結果可以得知魚眼攻擊在 Watermarked-image 及 Gamma Correction 中之影像，對於 MPA-UVW 及 UVW 無效的，我們都可以清楚的觀察到浮水印。

圖十一：魚眼攻擊之實驗結果

	MPA-UVW	UVW
Watermarked-image	 A night photograph of the Taipei skyline with the Taipei 101 building illuminated. A watermark is visible in the top right corner. The image is distorted with a 50% fish-eye effect.	 A night photograph of the Taipei skyline with the Taipei 101 building illuminated. A watermark is visible in the top right corner. The image is distorted with a 50% fish-eye effect.
Gamma Correction	 A night photograph of the Taipei skyline with the Taipei 101 building illuminated. A watermark is visible in the top right corner. The image is distorted with a 50% fish-eye effect.	 A night photograph of the Taipei skyline with the Taipei 101 building illuminated. A watermark is visible in the top right corner. The image is distorted with a 50% fish-eye effect.

4.2.6 各種針對 MPA-UVW 及 UVW 攻擊之歸納

在表八中，我們歸納了各種針對 MPA-UVW 及 UVW 攻擊之實驗結果，如果該方法可以抵禦攻擊，我們以實心圓「●」表示，否則如不可抵禦攻擊，我們以空心圓「○」表示。

在各種攻擊方式中，MPA-UVW 與 UVW 皆可抵抗旋轉攻擊及魚眼攻擊；另外，僅 MPA-UVW 能抵抗冷色系濾鏡攻擊、銳化攻擊及浮雕攻擊，而 UVW 卻不能，由各項攻擊方式的實驗結果可以得知 MPA-UVW 有比 UVW 較好之抵抗攻擊能力及強韌性。

表八：各種針對 MPA-UVW 及 UVW 攻擊之歸納

攻擊方式	MPA-UVW	UVW
旋轉攻擊	●	●
冷色系濾鏡攻擊	●	○
銳化攻擊	●	○
浮雕攻擊	●	○
魚眼攻擊	●	●

* ●：代表此方法可以抵禦該攻擊；○：代表此方法不可抵禦該攻擊

第 5 章 MPA-UVW 技術之比較

在第 5 章中，本論文將 MPA-UVW 技術與 UVW 技術之實驗結果來作比較，除了以人類視覺系統的主觀角度來比較外，並且以 PSNR 值來作客觀之比較，藉以瞭解 MPA-UVW 技術之提升及優勢，另外在 MPA-UVW 中，可以施作單一參數伽瑪校正，亦可作多參數伽瑪校正之調整，並且將雙方來作比較，用以證明本論文所提出的 MPA-GC 之演算法。

5.1 MPA-UVW 與 UVW 之比較

在圖十二中，(a)與(b)為 UVW 演算法後作伽瑪校正之 Stego image，而 (c)、(d)則為 Watermarked-image 經過多參數可調式的伽瑪校正後之影像。

從圖十二的比較結果顯示，(a) 和 (b) 之圖片對比度較(c)、(d) 高出許多，所以顯而易見的是 UVW 較 MPA-UVW 不易為人類視覺系統所接受。另外，在 PSNR 值的比較方面，(c)、(d)經過多參數可調式的伽瑪校正後的 PSNR 值分別為 54.60 dB 與 58.66 dB，明顯比(a)、(b)高，且浮水印也較易於識別。因此，在本實驗結果中，本論文可以證明 MPA-UVW 技術改善了 UVW 技術中，Gamma Correction 後對比度過高的缺點，亦降低了失真度。

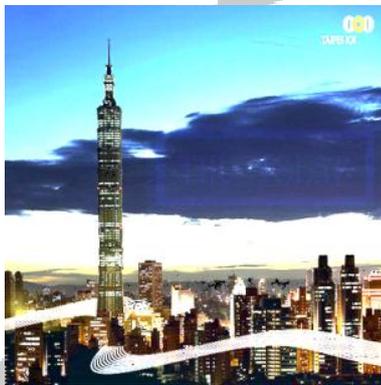
圖十二：UVW 之伽瑪校正與 MPA-UVW 技術之比較



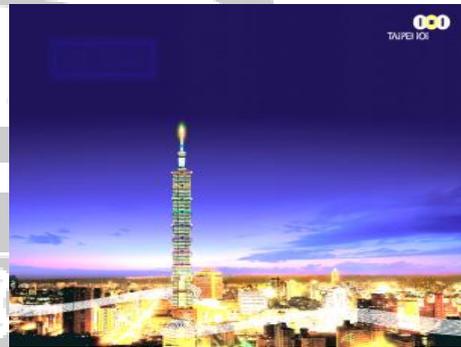
(a) PSNR : 36.79



(b) PSNR : 44.35



(c) PSNR : 54.60



(d) PSNR : 58.66

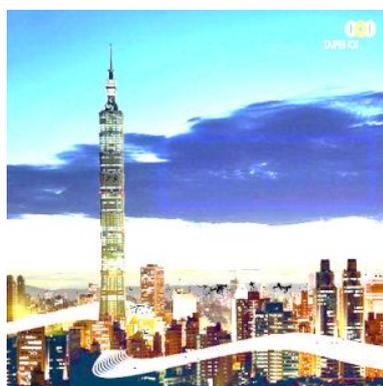
5.2 MPA-UVW 單一參數與多參數可調整伽瑪校正之比較

在 MPA-UVW 中，MPA-GC ($\gamma_H, \gamma_S, \gamma_V$) 不一定為單一參數值， γ_H 、 γ_S 、 γ_V 之參數值皆可分開實施調整，其中 γ_H 必須與 γ_S 之參數值必須相同，且延續運用第一次伽瑪校正所使用的值，而 γ_V 參數值之調整的範圍在 0.6 到 2 之間，應用於此技術的伽瑪校正對比度不會太高。

圖十三中表示，(a)是單一參數的伽瑪校正，雖其看起來對比度不高，惟所嵌入的浮水印較不易識別，(b)表示經過多參數可調式的伽瑪校正(MPA-GC)後，圖片並不會像 UVW 操作後對比度太高，而是增加其色彩飽和，亦不會

如單一參數的伽瑪校正，浮水印是明顯可見的，也較為人類的視覺系統所接受。

圖十三：單一參數與多參數調整之比較



(a)GC(0.9,0.9,0.9)



(b)MPA-GC(0.6,0.6,1.3)



第 6 章 結論

由實驗結果可以發現，本論文所提出之嶄新的浮水印技術綜合了 UVW 之優點於一身。除了延續 UVW 在不經擷取浮水印的程序中，可調整 LCD 螢幕之視覺角度，浮水印就會顯示出來外。本論文所提出的方法在嵌入之浮水印後，其會隨著嵌入區域不同而變更背景顏色，更提高浮水印的隱匿性。

在浮水印擷取過程中，我們亦使用所提出新方法的多參數可調式伽瑪校正後，並不會像 UVW 技術出現對比度過高的情況，而是增加其色彩飽和度，降低其失真度，浮水印亦明顯可見的；因此，證明了本技術改良及提升現行的伽瑪校正技術，並且改善了對比度太高，不為人類視覺系統所接受之缺點。

另外，本論文也在實驗中作浮水印強韌度測試，我們以旋轉、冷色系濾鏡、銳化、浮雕及魚眼等 5 種常見之攻擊來實施，發現 MPA-UVW 技術皆可抵抗此五種常見攻擊，而 UVW 技術僅可抵抗其中三種，因此在強韌度測試中，MPA-UVW 技術是優於 UVW 技術的。

在影像品質方面，本論文實驗的方法其 PSNR 值可達分別為 54.60 dB 與 58.66 dB，遠高於 UVW 之 PSNR 值。而在單一參數與多參數的比較中，我們也可以明顯的看出，所提出的多參數伽瑪校正之浮水印，其不會像單一參數的伽瑪校正技術一樣，所嵌入之浮水印較不易識。綜上，在所有的實驗結果比較中，可證明本論文的方法皆具有更佳的影像品質及強韌性。

參考文獻

- [1] Yanqun Zhang, "Digital Watermarking Technology: A Review," *Proceedings of International Conference on Future Computer and Communication (FCC '09)*, Wuhan, China, Jun. 6-7, 2009, pp. 250-252.
- [2] Nikos Nikolaidis, and Ioannis Pitas, "Digital Image Watermarking: an Overview," *Proceedings of IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems*, Florence, Italy, June. 7-11, 1999, pp. 1-6.
- [3] Ingemar J. Cox, Matthew L. Miller, and Jeffrey A. Bloom, "Digital Watermarking," *Journal of Electronic Imaging*, vol. 11, no. 3, 2002, pp.50 - 55.
- [4] Yongjian Hu, and Byeungwoo Jeon, "Reversible Visible Watermarking and Lossless Recovery of Original Images," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 16, no. 11, Nov. 2006, pp. 1423-1429.
- [5] Ying Yang, Xingming Sun, Hengfu Yang, Chang Tsun Li and Rong Xiao, "A Contrast-Sensitive Reversible Visible Image Watermarking Technique," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 19, no. 5, May 2009, pp. 656-667.
- [6] Han Min Tsai, and Long Wen Chang, "A High Secure Reversible Visible Watermarking Scheme," *Proceedings of IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, Beijing, China, Jul. 2-5, 2007, pp. 2106-2109.
- [7] Hsiang Cheh Huang, Tai Wan Chen, Jeng Shyang Pan, and Jiun Huei Ho, "Copyright Protection and Annotation with Reversible Data Hiding and Adaptive Visible Watermarking," *Proceedings of Second International*

- Conference on Innovative Computing, Information and Control (ICICIC '07)*, Kumamoto, Japan, Sep. 5-7, 2007, pp. 292-292.
- [8] Saraju P. Mohanty, Parthasarathy Guturu, Elias Kougianos, and Nishikanta Pati, "A Novel Invisible Color Image Watermarking Scheme Using Image Adaptive Watermark Creation and Robust Insertion-Extraction," *Proceedings of Eighth IEEE International Symposium on Multimedia (ISM'06)*, San Diego, USA, Dec. 2006, pp. 153-160.
- [9] Fida Ullah Khattak, Abdul Bais and Khawaja M. Yahya, "An Invisible Dual Watermarking Scheme for Authentication and Copyrights Protection," *Proceedings of International Conference on Emerging Technologies (ICET 2009)*, Islamabad, Pakistan, Oct. 19-20, 2009, pp. 247-251.
- [10] Soumik Das, Pradosh Bandyopadhyay, Shauvik Paul, Sinha Ray, and Monalisa Banerjee, "A New Introduction Towards Invisible Image Watermarking on Color Image," *Proceedings of IEEE International Advance Computing Conference (IACC 2009)*, Patiala, India, Mar. 6-7, 2009, pp. 1224-1229.
- [11] S. P. Mohanty, R. Sheth, A. Pinto, and M. Chandy, "CryptMark: A Novel Secure Invisible Watermarking Technique for Color Images," *Proceedings of IEEE International Conference on International Symposium on Consumer Electronics (ISCE 2007)*, Dallas, Texas, USA, June. 20-23, 2007, pp. 1-6.
- [12] Yuichiro Tokuda, Yasuhiro Hashino, Gosuke Ohashi, Masato Tsukada, Reiichi Kobayashi, and Yoshifumi Shimodaira, "Image quality enhancement support system by gamma correction using interactive evolutionary computation," *Proceedings of IEEE International Conference on International Symposium on Integrated Circuits (ISIC-2007)*, Orchard Hot, Singapore, Sep. 27, 2007, pp. 2906-2910.

- [13] Xu Guan, Su Jian, Pan Hongda, Zhang Zhiguo, and Gong Haibin, "An Image Enhancement Method Based on Gamma Correction," *Proceedings of Second International Symposium on Computational Intelligence and Design (ISCID '09)*, vol. 1, Changsha, China, Dec. 12-14, 2009, pp. 60-63.
- [14] Deepak Ghimire, and Joonwhoan Lee, "Color Image Enhancement in HSV Space Using Nonlinear Transfer Function and Neighborhood Dependent Approach with Preserving Details," *Proceedings of Fourth Pacific-Rim Symposium on Image and Video Technology (PSIVT '10)*, Singapore, Nov 14-17, 2010, pp. 422-426.
- [15] Shuhua Li, and Gaizhi Guo, "The application of improved HSV color space model in image processing," *Proceedings of Second International Conference on Future Computer and Communication (ICFCC '10)*, vol. 2, Wuhan, China, May 21-24, 2010, pp. V2-10 - V2-13.
- [16] Jong Won Kim, Jang Gun Jo, Jae Yong Seo, Hyun Chan Cho and Sang Gil Yoo, "Intelligent Hue Control System for Display Panel," *Proceedings of IEEE International Conference on Information Acquisition, 2006*, Shandong, China, Aug. 20-23, 2006, pp. 1197-1201.
- [17] Jang Jeong Hun and Ra Jong Beom, "Pseudo-Color Image Fusion Based on Intensity-Hue-Saturation Color Space," *Proceedings of IEEE International Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems (MFI 2008)*, Seoul, Korea, Aug. 20-22, 2008, pp. 366-371.
- [18] Shang Chih Chuang, Chun Hsiang Huang, and Ja Ling Wu, "Unseen Visible Watermarking," *Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing (ICIP 2007)*, vol.3, San Antonio, USA, Sep. 16- Oct. 19, 2007, pp. III-261-III-264.

- [19] Chun Hsiang Huang, Shang Chih Chuang, Yen Lin Huang, and Ja Ling Wu, "Unseen Visible Watermarking: A Novel Methodology for Auxiliary Information Delivery via Visual Contents," *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, vol. 4, no. 2, Jun., 2009, pp. 193-206.
- [20] Zhaohui Cui, Jingliang Fu, Jiwei Liu and Ang Li, "What Statistics is PSNR Related Using JPEG2000," *Proceedings of IEEE Conference on Cybernetics and Intelligent Systems, 2008*, Chengdu, China, Sep. 21-24, 2008, pp. 984-989.
- [21] Brian Chen, and Gregory W. Wornell, "Quantization index modulation: A class of provably good methods for digital watermarking and information embedding," *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 47, no. 4, pp. 1423-1443, May 2001.
- [22] Atul Verma, and Shashikala Tapaswi, "A novel reversible visible watermarking technique for images using Noise Sensitive Region Based Watermark Embedding (NSRBWE) approach," *Proceedings of International Conference on IEEE EUROCON 2009*, St.-Petersburg, May. 18-23, 2009, pp. 1374-1377.
- [23] Liang Liu, and Qi Sun, "Robust image watermarking against geometrical attacks," *Proceedings of International Conference on Wireless, Mobile and Multimedia Networks (ICWMMN '06)*, Hangzhou, China, Nov 6-9, 2006, pp. 1-3.
- [24] Jun Xiao and Ying Wang, "Semi-Fragile Watermarking Based on Image Gradient," *Proceedings of International Conference on Computational Intelligence and Security (CIS '08)*, vol. 1, Suzhou, China, Dec. 13-17, 2008, pp. 285-289.