

# MỤC LỤC

Lời cảm ơn!.....	2
Lời mở đầu.....	3
<b>CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN KỸ THUẬT GIẤU TIN .....</b>	<b>6</b>
1.1 Định nghĩa giấu tin .....	6
1.2 Mục đích của giấu tin.....	6
1.3 Mô hình kỹ thuật giấu thông tin cơ bản.....	7
1.4 Môi trường giấu tin .....	8
a) Giấu tin trong ảnh .....	8
b) Giấu tin trong audio .....	9
c) Giấu tin trong video .....	9
d) Giấu thông tin trong văn bản dạng text.....	10
1.5 Phân loại giấu tin theo cách thức tác động lên các phương tiện .....	10
1.6 Phân loại giấu tin theo các mục đích sử dụng.....	10
<b>CHƯƠNG 2. CHUẨN NÉN ẢNH TĨNH DỰA TRÊN BIẾN ĐỔI WAVELET – JPEG2000 .....</b>	<b>12</b>
2.1 Lịch sử ra đời và phát triển chuẩn JPEG2000 .....	12
2.2 Các tính năng của JPEG2000.....	12
2.3 Các bước thực hiện nén ảnh theo chuẩn JPEG2000 .....	13
2.3.1 Xử lý trước khi biến đổi.....	14
2.3.2 Biến đổi liên thành phần .....	14
2.3.3 Biến đổi riêng thành phần (biến đổi Wavelet).....	15
2.3.4 Lượng tử hóa – Giải lượng tử hóa .....	18
2.3.5 Tier-1 coding.....	19
2.3.6 Tier-2 coding.....	20
2.3.7 Điều chỉnh tỉ lệ (rate control).....	21
2.4 Một số phương pháp mã hóa và kết hợp dòng dữ liệu sau mã hóa.....	22
a) Phương pháp mã hóa SPIHT .....	23
b) Phương pháp mã hóa EZW .....	24
2.5 Định dạng ảnh JPEG 2000 – JP2.....	26
2.6 So sánh chuẩn JPEG2000 với JPEG và các chuẩn nén ảnh tĩnh khác .....	27
<b>CHƯƠNG 3. PHƯƠNG PHÁP GIẤU THỦY VĂN DỰA VÀO CẶP TẦN SỐ GIỮA DWT .....</b>	<b>31</b>

3.1 Giới thiệu .....	31
3.2 Thủy vân trong miền DWT.....	32
3.2.1 Sự tương quan giữa hệ số các dải giữa với sự biến đổi cấp xám.....	33
3.2.2 Thuật toán nhúng và tách thủy vân.....	36
A. Kỹ thuật nhúng thủy vân.....	36
B. Kỹ thuật tách thủy vân .....	37
CHƯƠNG 4. CÀI ĐẶT THỬ NGHIỆM.....	39
4.1 Môi trường cài đặt .....	39
4.2 Thử nghiệm.....	41
4.3 Đánh giá thuật toán .....	43
TÀI LIỆU THAM KHẢO .....	44
KẾT LUẬN.....	45

## LỜI CẢM ƠN!

*Em xin chân thành cảm ơn hội đồng khoa Công Nghệ Thông Tin trường Đại Học Dân Lập Hải Phòng đã tạo điều kiện để cho chúng em thực hiện tốt đồ án tốt nghiệp.*

*Em xin chân thành cảm ơn cô giáo: ThS. Hồ Thị Hương Thơm – giảng viên khoa công nghệ thông tin trường ĐHDL Hải Phòng, đã tận tình hướng dẫn và chỉ đạo em trong suốt thời gian nghiên cứu và thực hiện đồ án tốt nghiệp này.*

*Vì thời gian nghiên cứu chỉ có hạn, trình độ hiểu biết của bản thân em còn nhiều hạn chế. Cho nên trong báo cáo không tránh khỏi những thiếu sót, chúng em rất mong nhận được sự góp ý quý báu của tất cả các thầy cô giáo để báo cáo của em được hoàn thiện hơn.*

*Em xin chân thành cảm ơn!*

## LỜI MỞ ĐẦU

Môi trường mạng Internet phát triển rộng rãi cùng với sự hỗ trợ của các phương tiện đa truyền thông đã đem lại nhiều thuận lợi và cơ hội cho con người trên mọi lĩnh vực của đời sống xã hội, trong giao lưu, hợp tác, kinh doanh, ... Nhưng đồng thời, nó cũng đặt ra nhiều thách thức trong việc đảm bảo an toàn cho các thông tin được truyền giao qua các phương tiện truyền thông như: nguy cơ sử dụng trái phép và xuyên tạc bất hợp pháp thông tin lưu chuyển trên mạng. Việc sử dụng một cách bình đẳng, an toàn các dữ liệu đa phương tiện cũng như cung cấp một cách kịp thời tới nhiều người dùng cuối và các thiết bị cuối cũng là một vấn đề quan trọng.

Hơn nữa, sự phát triển mạnh của các phương tiện kỹ thuật số đã làm cho việc lưu trữ, sửa đổi và sao chép dữ liệu ngày càng đơn giản, từ đó việc bảo vệ bản quyền và chống xâm phạm trái phép các dữ liệu đa phương tiện (âm thanh, hình ảnh, tài liệu) cũng gặp nhiều khó khăn. Một công nghệ mới ra đời đã phần nào giải quyết được các khó khăn trên là giấu thông tin trong các nguồn đa phương tiện như các nguồn âm thanh, hình ảnh, ảnh tĩnh. Mục tiêu của giấu thông tin là làm cho thông tin trở nên vô hình, từ đó khiến ta không thể thấy được đối tượng.

Trong những năm gần đây, giấu thông tin trong ảnh là một bộ phận chiếm tỷ lệ lớn nhất trong các chương trình ứng dụng, phần mềm, hệ thống giấu tin trong đa phương tiện bởi lượng thông tin được trao đổi bằng ảnh là rất lớn. Nó đóng vai trò rất quan trọng trong hầu hết các ứng dụng bảo vệ an toàn thông tin như: nhận thực thông tin, xác định xuyên tạc thông tin, bảo vệ bản quyền của tác giả... Thông tin sẽ được giấu cùng với dữ liệu ảnh nhưng chất lượng ảnh ít thay đổi và không ai biết được đằng sau nó mang những thông tin có ý nghĩa. Ngày nay, khi ảnh số đã được sử dụng phổ biến thì giấu thông tin trong ảnh đã đem lại nhiều những ứng dụng to lớn trên hầu hết các lĩnh vực trong đời sống xã hội.

Giấu thông tin là một kỹ thuật còn tương đối mới và đang phát triển rất nhanh, thu hút được nhiều sự quan tâm của cả giới khoa học và giới công nghiệp nhưng cũng còn nhiều thách thức. Bản báo cáo này trình bày về một kỹ thuật giấu thông tin trong ảnh JPEG2000.

Nội dung của đề tài được trình bày trong 4 chương:

Chương 1. Tổng quan về kỹ thuật giấu tin trong ảnh

Chương 2. Chuẩn nén ảnh tĩnh dựa trên biến đổi WAVELET - JPEG2000

Chương 3. Phương pháp giấu thủy vân dựa vào cặp tần số giữa DWT

Chương 4. Cài đặt thử nghiệm

# CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN KỸ THUẬT GIẤU TIN

## 1.1 Định nghĩa giấu tin

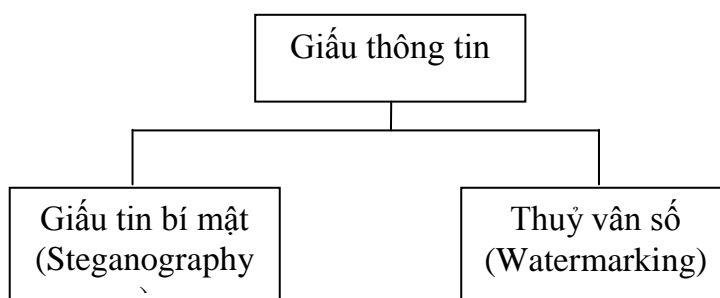
Giấu tin là một kỹ thuật giấu hoặc nhúng một lượng thông tin số nào đó vào trong một đối tượng dữ liệu số khác (giấu tin nhiều khi không phải là hành động giấu cụ thể mà chỉ mang ý nghĩa quy ước).

## 1.2 Mục đích của giấu tin

Có 2 mục đích của giấu thông tin:

- Bảo mật cho những dữ liệu được giấu.
- Bảo đảm an toàn (bảo vệ bản quyền) cho chính các đối tượng chứa dữ liệu giấu trong đó.

Có thể thấy 2 mục đích này hoàn toàn trái ngược nhau và dần phát triển thành 2 lĩnh vực với những yêu cầu và tính chất khác nhau.



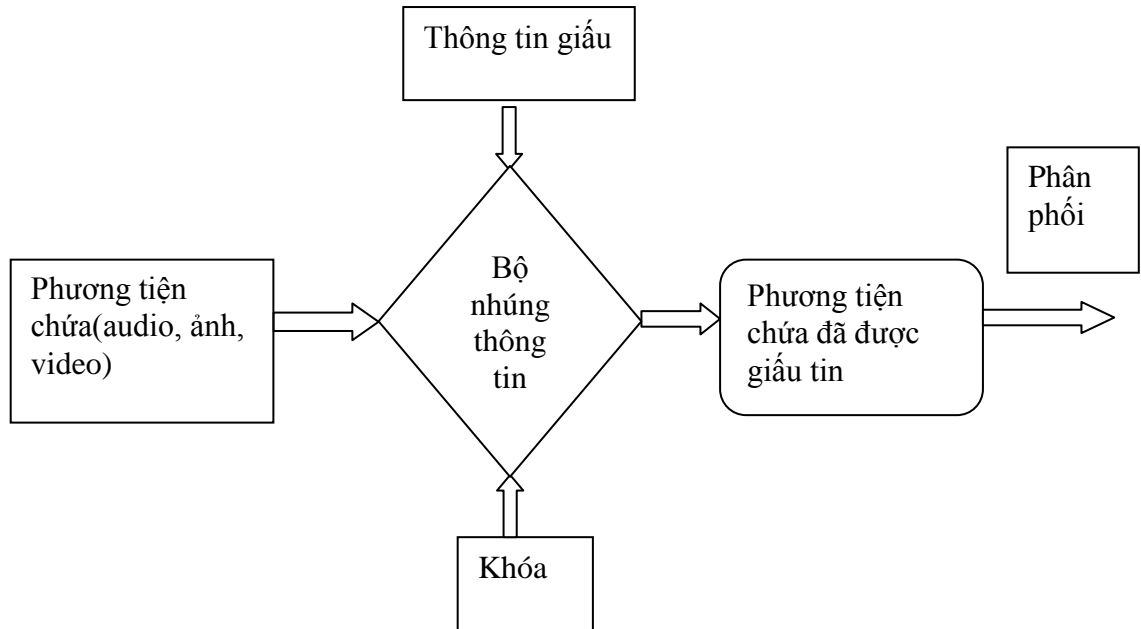
**Hình 1.1.** Hai lĩnh vực chính của kỹ thuật giấu thông tin

Kỹ thuật giấu thông tin bí mật (Steganography): với mục đích đảm bảo tính an toàn và bảo mật thông tin tập trung vào các kỹ thuật giấu tin để có thể giấu được nhiều thông tin nhất. Thông tin mật được giấu kỹ trong một đối tượng khác sao cho người khác không phát hiện được.

Kỹ thuật giấu thông tin theo kiểu đánh dấu (watermarking) mục đích là bảo vệ bản quyền của đối tượng chứa thông tin thì lại tập trung đảm bảo một số các yêu cầu như đảm bảo tính bền vững... đây là ứng dụng cơ bản nhất của kỹ thuật thủy vân số.

### 1.3 Mô hình kỹ thuật giấu thông tin cơ bản

- Quá trình giấu thông tin vào phương tiện chứa và tách lấy thông tin là hai quá trình trái ngược nhau và có thể mô tả qua sơ đồ khối của hệ thống như sau:

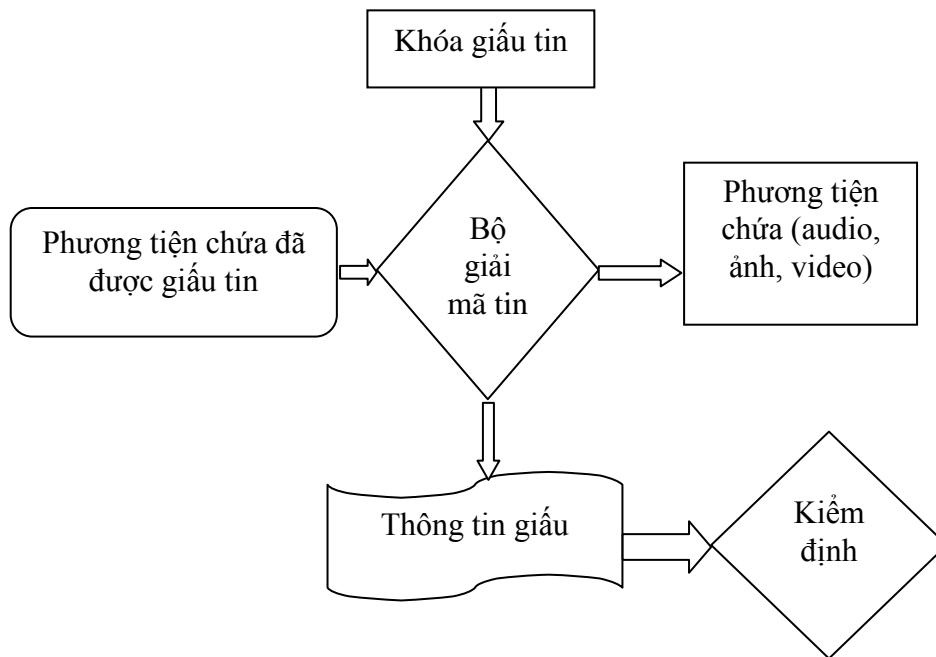


**Hình 1.2.** Lược đồ chung cho quá trình giấu tin

- Thông tin cần giấu tùy theo mục đích của người sử dụng, nó có thể là thông điệp (với các tin bí mật) hay các logo, hình ảnh bản quyền.
  - Phương tiện chứa: các file ảnh, text, audio... là môi trường để nhúng tin
  - Bộ nhúng thông tin: là những chương trình thực hiện việc giấu tin
  - Đầu ra: là các phương tiện chứa đã có tin giấu trong đó
- Tách thông tin từ các phương tiện chứa diễn ra theo quy trình ngược lại với đầu ra là thông tin đã được giấu vào phương tiện chứa. Phương tiện chứa sau khi tách lấy thông tin có thể được sử dụng, quản lý theo những yêu cầu khác nhau.

Hình vẽ sau chỉ ra các công việc giải mã thông tin đã giấu. Sau khi nhận được đối tượng phương tiện chứa có giấu thông tin, quá trình giải mã được thực hiện thông qua một bộ giải mã ứng với bộ nhúng

thông tin cùng với khoá của quá trình nhúng. Kết quả thu được gồm phương tiện chứa gốc và thông tin đã giấu. Bước tiếp theo thông tin đã giấu sẽ được xử lý kiểm định so sánh với thông tin ban đầu.



**Hình 1.3.** Lược đồ chung cho quá trình giải mã

## 1.4 Môi trường giấu tin

### a) Giấu tin trong ảnh

Giấu tin trong ảnh hiện nay đang rất được quan tâm. Nó đóng vai trò hết sức quan trọng trong hầu hết các ứng dụng bảo vệ an toàn thông tin như: nhận thực thông tin, xác định xuyên tạc thông tin, bảo vệ bản quyền tác giả... Thông tin sẽ được giấu cùng với dữ liệu ảnh nhưng chất lượng ảnh ít thay đổi và không ai biết được đằng sau ảnh đó mang những thông tin có ý nghĩa. Ngày nay, khi ảnh số đã được sử dụng rất phổ biến thì giấu thông tin trong ảnh đã đem lại nhiều những ứng dụng quan trọng trên các lĩnh vực trong đời sống xã hội.

Phần mềm WinWord của Microsoft cho phép người dùng lưu chữ ký trong ảnh nhị phân, rồi gắn vào vị trí nào đó trong file văn bản để đảm bảo tính an toàn của thông tin.



Thông tin được giấu một cách vô hình, nó như là cách truyền thông tin mật cho nhau mà người khác không biết được, bởi sau khi đã được giấu thông tin chất lượng ảnh gần như không thay đổi đặc biệt đối với ảnh màu hay ảnh xám.

## **b) Giấu tin trong audio**

Khác với kỹ thuật giấu tin trong ảnh: phụ thuộc vào hệ thống thị giác của con người – HSV (Human Vision System), kỹ thuật giấu thông tin trong audio lại phụ thuộc vào hệ thống thính giác HAS (Human Auditory System). Bởi vì tai con người rất kém trong việc phát hiện sự khác biệt giữa các dải tần và công suất, có nghĩa là các âm thanh to, cao tần có thể che giấu đi được các âm thanh nhỏ, thấp một cách dễ dàng.

Vấn đề khó khăn đối với giấu thông tin trong audio là kênh truyền tin, kênh truyền hay băng thông chậm sẽ ảnh hưởng đến chất lượng thông tin sau khi giấu. Giấu thông tin trong audio đòi hỏi yêu cầu rất cao về tính đồng bộ và tính an toàn của thông tin. Các phương pháp giấu thông tin trong audio thường lợi dụng những điểm yếu trong hệ thống thính giác của con người.

## **c) Giấu tin trong video**

Cũng giống như giấu thông tin trong ảnh hay trong audio, giấu tin trong video cũng được quan tâm và được phát triển mạnh mẽ cho nhiều ứng dụng như điều khiển truy cập thông tin, nhận thức thông tin, bản quyền tác giả...

Một phương pháp giấu tin trong video đã được đưa ra bởi Cox là phương pháp phân bố đều. Ý tưởng cơ bản của phương pháp là phân phối tin giấu dần trải theo tần số của dữ liệu gốc. Nhiều nhà nghiên cứu đã dùng những hàm cosin riêng và những hệ số truyền sóng riêng để thực hiện việc giấu tin. Trong các thuật toán khởi nguồn, thường các kỹ thuật cho phép

giấu ảnh vào trong video nhưng thời gian gần đây các kỹ thuật cho phép giấu cả âm thanh và hình ảnh vào video.

#### **d) Giấu thông tin trong văn bản dạng text**

Giấu thông tin trong văn bản dạng text thì khó thực hiện hơn do có ít thông tin dư thừa, để làm được điều này người ta phải khéo léo khai thác các dư thừa tự nhiên của ngôn ngữ hoặc là tận dụng các định dạng văn bản (mã hoá thông tin vào khoảng cách giữa các từ hay các dòng văn bản).

=> Kỹ thuật giấu tin đang được áp dụng cho nhiều loại đối tượng chứ không riêng gì dữ liệu đa phương tiện như ảnh, audio, video. Gần đây đã có một số nghiên cứu giấu tin trong cơ sở dữ liệu quan hệ, các gói IP truyền trên mạng chắc chắn sau này còn tiếp tục phát triển tiếp.

### **1.5 Phân loại giấu tin theo cách thức tác động lên các phương tiện**

Phương pháp chèn dữ liệu: Phương pháp này tìm những vị trí trong file để bỏ qua và chèn dữ liệu cần giấu vào đó, cách giấu này không làm ảnh hưởng gì tới sự thể hiện của các file dữ liệu ví dụ như được giấu sau các ký tự EOF.

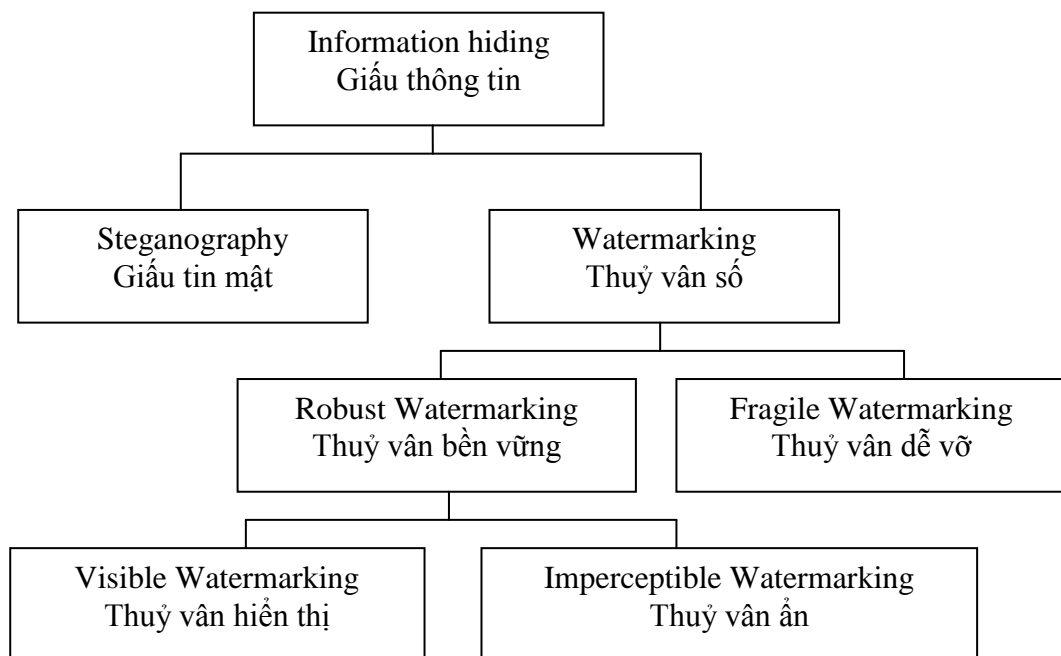
Phương pháp tạo các phương tiện chứa: Từ các thông điệp cần chuyển tạo ra các phương tiện chứa để phục vụ cho việc truyền thông tin đó, phía người nhận dựa trên các phương tiện chứa này sẽ tái tạo lại các thông điệp.

### **1.6 Phân loại giấu tin theo các mục đích sử dụng**

➤ Giấu thông tin bí mật: đây là ứng dụng phổ biến nhất từ trước đến nay, đối với giấu thông tin bí mật người ta thường quan tâm chủ yếu tới các mục tiêu:

- + Độ an toàn của giấu tin - khả năng không bị phát hiện của giấu tin.
- + Lượng thông tin tối đa có thể giấu được trong một phương tiện chứa cụ thể mà vẫn có thể đảm bảo an toàn.
- + Độ bí mật của thông tin trong trường hợp giấu tin bị phát hiện.

- Giấu thông tin bí mật không quan tâm tới nhiều các yêu cầu bền vững của phương tiện chứa, đơn giản là bởi người ta có thể thực hiện việc gửi và nhận nhiều lần một phương tiện chứa đã được giấu tin.
  - Giấu thông tin thủy vân: do yêu cầu về bảo vệ bản quyền, xác thực... nên việc giấu tin thủy vân có yêu cầu khác với giấu tin bí mật. Yêu cầu đầu tiên là các dấu hiệu thủy vân phải đủ bền vững trước các tấn công vô hình hay cố ý gỡ bỏ nó. Thêm vào đó các dấu hiệu thủy vân phải có ảnh hưởng tối thiểu (về mặt cảm nhận) đối với các phương tiện chứa. Như vậy các thông tin cần giấu càng nhỏ càng tốt.
- => Tùy theo các mục đích khác nhau thủy vân cũng có các yêu cầu khác nhau.



**Hình 1.4.** Phân loại các kỹ thuật giấu tin

## **CHƯƠNG 2. CHUẨN NÉN ẢNH TĨNH DỰA TRÊN BIẾN ĐỔI WAVELET – JPEG2000**

### **2.1 Lịch sử ra đời và phát triển chuẩn JPEG2000**

JPEG viết tắt của Joint Photographic Experts Group là nhóm cộng tác giữa hai tổ chức: ISO (the International Organization for Standardization) và ITUT (International Telecommunication Union Standardization Sector) đã sáng lập ra chuẩn JPEG. Sự ra đời của JPEG mang lại nhiều lợi ích to lớn về nhiều mặt. JPEG giảm kích thước ảnh, giảm thời gian truyền và làm giảm chi phí xử lý ảnh trong khi chất lượng ảnh là tốt hơn. Tuy nhiên cho đến nay, người ta cũng mới chỉ ứng dụng dạng nén có tổn thất thông tin của JPEG vì mã hóa không tổn thất của JPEG là khá phức tạp. Để việc nén ảnh có hiệu quả hơn, ủy ban JPEG đã đưa ra một chuẩn nén ảnh tĩnh mới là JPEG2000. JPEG2000 sử dụng biến đổi Wavelet và một số phương pháp mã hóa đặc biệt để có được ảnh nén ưu việt hơn hẳn JPEG. JPEG2000 hiện vẫn đang tiếp tục được nghiên cứu phát triển, nhưng đã được tổ chức ISO công nhận là chuẩn nén ảnh quốc tế áp dụng cho ảnh tĩnh.

Chuẩn nén ảnh JPEG2000 mà xương sống là biến đổi Wavelet với những tính năng vượt trội so với JPEG chắc chắn sẽ được dùng cho các server nội dung để chuyển đổi định dạng ảnh trong mạng di động.

### **2.2 Các tính năng của JPEG2000**

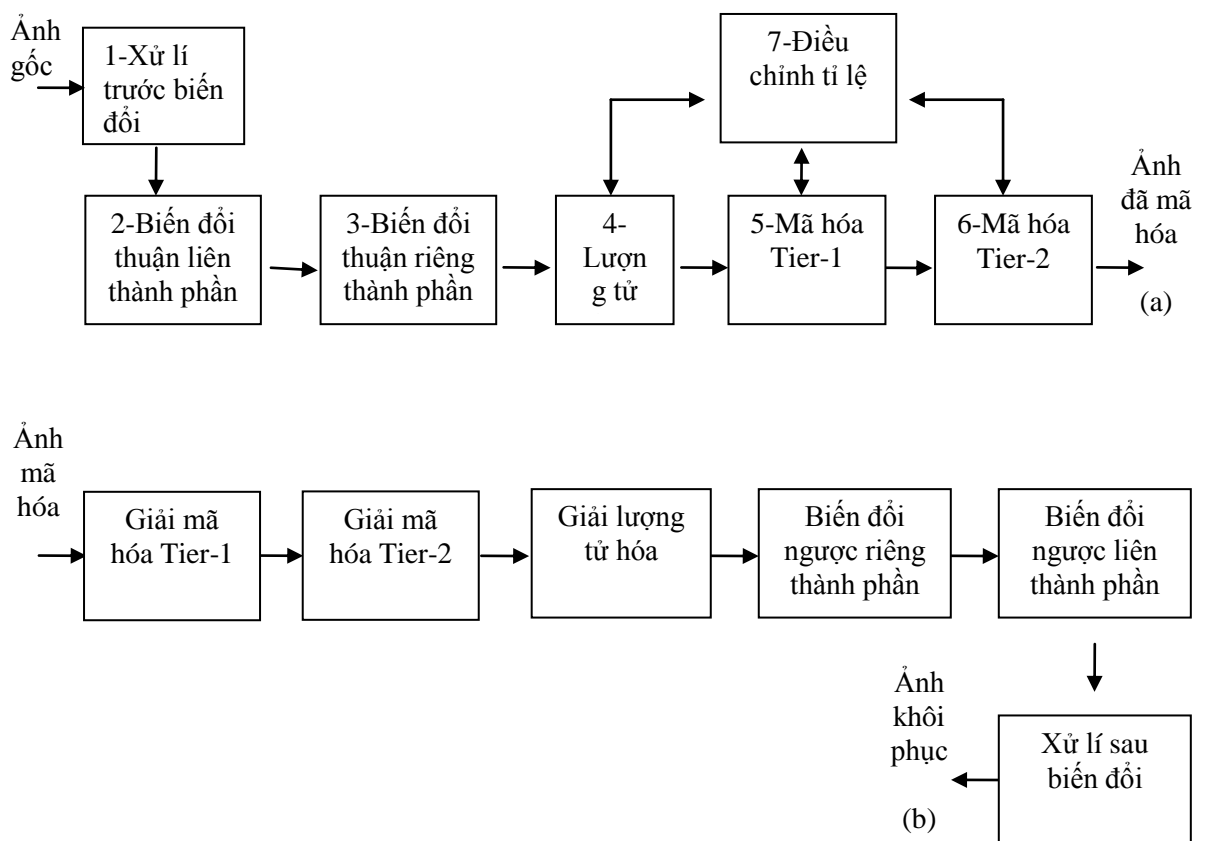
JPEG2000 nhiều chức năng đặc biệt hơn mọi chuẩn nén ảnh tĩnh khác như JPEG hay GIF. Dưới đây là các chức năng ưu việt của JPEG2000 so với các chuẩn nén ảnh tĩnh khác :

- Cho chất lượng ảnh tốt nhất khi áp dụng nén ảnh tĩnh có tổn thất.
- Sử dụng được với truyền dẫn và hiển thị lũy tiến về chất lượng, về độ phân giải, các thành phần màu và có tính định vị không gian.
- Sử dụng cùng một cơ chế nén ảnh cho cả hai dạng thức nén.
- Truy nhập và giải nén tại mọi thời điểm trong khi nhận dữ liệu.

- Giải nén từng vùng trong ảnh mà không cần giải nén toàn bộ ảnh.
- Có khả năng mã hóa với tỷ lệ nén theo từng vùng khác nhau.
- Nén một lần nhưng có thể giải nén với nhiều cấp chất lượng khác nhau tùy theo yêu cầu của người sử dụng.

Hiện tại, ISO và ủy ban JPEG đã đưa ra khuyến nghị thay thế JPEG bằng JPEG2000.

### 2.3 Các bước thực hiện nén ảnh theo chuẩn JPEG2000



**Hình 2.1.** Trình tự mã hóa (a) và giải mã JPEG2000 (b)

Có 3 điều cơ bản mọi người cần nắm được trước khi đi vào tìm hiểu cách mã hóa JPEG2000:

- Thứ nhất: phải hiểu được mô hình ảnh nguồn (source image model) trong các thuật ngữ: số thành phần (components) có thể biến thiên từ 1 đến  $2^{14}$ , nhưng thông thường là 1 (grayscale) hoặc là 3 (RGB, YcbCr, HSV) ...

- Thứ hai: lưới tham chiếu (reference grid) phải có chiều rộng và chiều cao đều không được vượt quá  $2^{32}-1$ , thí dụ như màn ảnh của màn hình máy tính với mật độ phân giải (resolution) cho trước sẽ là lưới tham chiếu.
- Thứ ba: nếu như ảnh có kích thước rất lớn thì nó sẽ được chia thành các tile có các chiều bằng nhau và mỗi tile sẽ được xử lý một cách độc lập.

Nhìn chung việc nén đơn giản gồm các bước sau (không phải tất cả các bước đều cần thiết, một vài bước có thể bỏ qua):

### **2.3.1 Xử lý trước khi biến đổi (preprocessing)**

Do sử dụng biến đổi Wavelet, JPEG2000 cần có dữ liệu ảnh đầu vào ở dạng đối xứng qua 0, ví dụ đối với ảnh grayscale, giá trị pixel phải nằm trong miền từ  $[-128, 128]$ . Xử lý trước biến đổi chính là giai đoạn đảm bảo dữ liệu đưa vào nén ảnh có dạng trên. Ở phía giải mã, giai đoạn xử lý sau biến đổi sẽ trả lại giá trị gốc ban đầu cho dữ liệu ảnh.

### **2.3.2 Biến đổi liên thành phần (Intercomponent transform)**

Giai đoạn này sẽ loại bỏ tính tương quan giữa các thành phần của ảnh. JPEG2000 sử dụng hai loại biến đổi liên thành phần đó là biến đổi thuận nghịch (Reversible Color Transform - RCT) và biến đổi màu không thuận nghịch (Irreversible Color Transform - ICT) trong đó biến đổi thuận nghịch làm việc với các giá trị nguyên, còn biến đổi không thuận nghịch làm việc với các giá trị thực. ICT và RCT chuyển dữ liệu ảnh từ không gian màu RGB sang YCrCb. RCT được áp dụng cho nén có tổn thất. Việc áp dụng các biến đổi màu trước khi nén ảnh không nằm ngoài mục đích làm tăng hiệu quả nén. Các thành phần Cr, Cb có ảnh hưởng rất ít tới sự cảm nhận hình ảnh của mắt trong khi thành phần độ chói Y có ảnh hưởng rất lớn tới ảnh. Chúng ta có thể thấy rõ điều này trên hình vẽ 2.2.

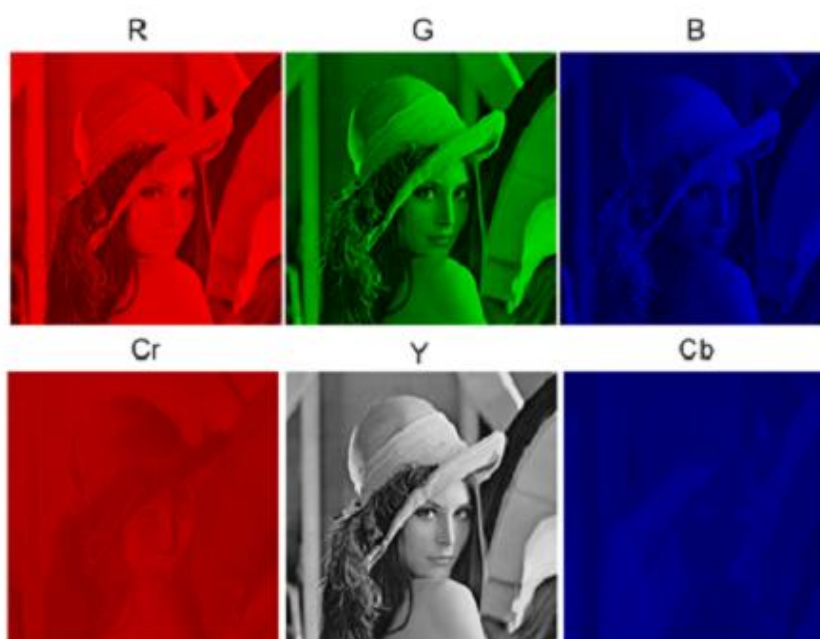
Sau đây là các phương trình biến đổi giữa hai không gian màu.

Phương trình biến đổi từ RGB sang YCbCr:

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cr \\ Cb \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.16875 & -0.33126 & 0.5 \\ 0.5 & -0.41869 & -0.08131 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Phương trình biến đổi từ RGB sang YcbCr:

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1.402 \\ 1 & -0.34413 & -0.71414 \\ 1 & -1.772 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ Cr \\ Cb \end{bmatrix}$$



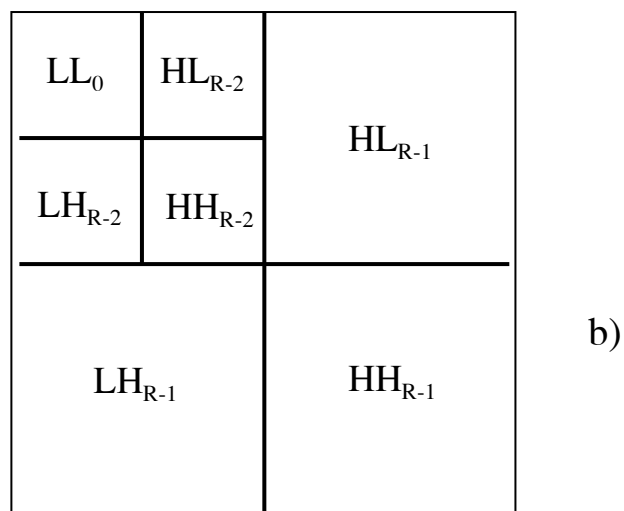
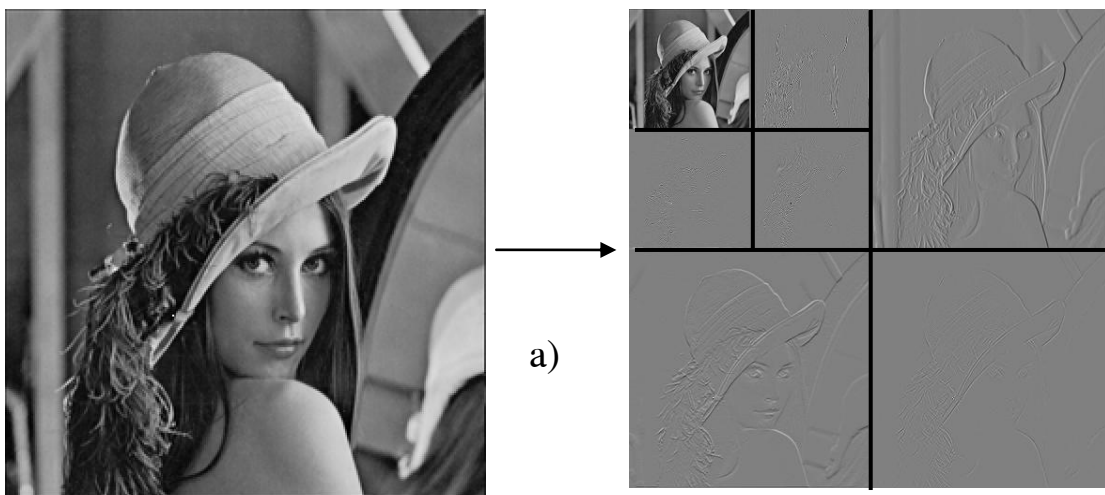
**Hình 2.2.** Minh họa ảnh với RGB và YcrCb.

### 2.3.3 Biến đổi riêng thành phần (Intracomponent transform) - biến đổi Wavelet

Biến đổi riêng thành phần được áp dụng trong JPEG2000 chính là việc biến đổi Wavelet. Để đảm bảo tính toàn vẹn thông tin cần phải áp dụng các phép biến đổi thuận nghịch hoặc không thuận nghịch. Do phép biến đổi Wavelet không phải là một phép biến đổi trực giao như biến đổi DCT mà là một phép biến đổi băng con nên các thành phần sẽ được phân chia thành các băng tần số khác nhau và mỗi băng sẽ được mã hóa riêng rẽ.

DWT sẽ phân tách ảnh ra thành nhiều dải tần số gọi là các subband. Mỗi mức DWT sẽ được tác động hai lần: một lần duyệt theo chiều ngang và một lần duyệt theo chiều dọc (thứ tự này không quan trọng bởi bản chất đối xứng) và do đó ta thu được bốn dải (như hình 2.3 thể hiện):

- 1) horizontally and vertically lowpass (LL)
- 2) horizontally lowpass and vertically highpass (LH)
- 3) horizontally highpass and vertically lowpass (HL)
- 4) horizontally and vertically highpass (HH)



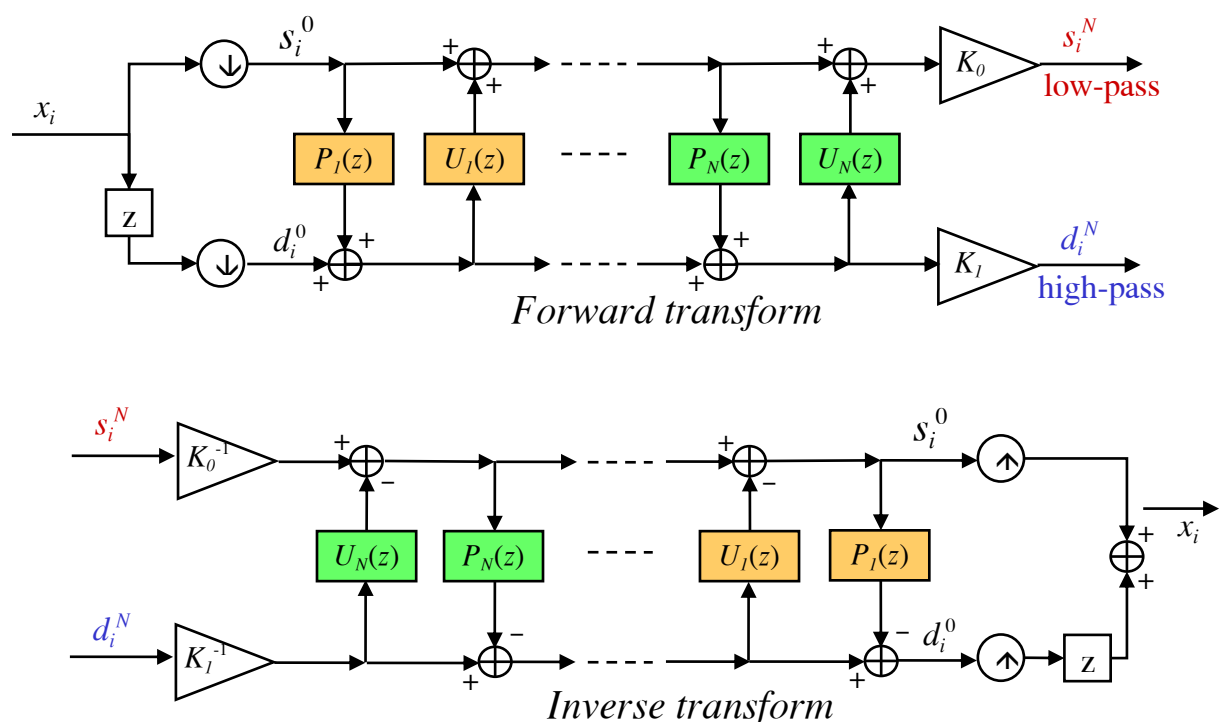
**Hình 2.3.** a) Biến đổi wavelet, b) Cấu trúc dải

Chúng ta sẽ cùng xem xét tín hiệu ảnh đầu vào (hoặc tín hiệu tile - component đối với ảnh lớn). Giả sử với sự phân tách wavelet mức R-1



tương ứng với mức phân giải thứ  $R$ , đánh số từ 0 tới  $R-1$  thì 0 tương ứng với mức phân giải kém nhất (coarsest resolution) và  $R-1$  tương ứng với mức phân giải tốt nhất (finest resolution). Mỗi một dải trong một lần phân tách sẽ được xác định bởi hướng (orientation) của chính nó (ví dụ LL, LH, HL, HH) và mức phân giải tương ứng của nó (ví dụ 0,1,...,  $R-1$ ). Tại mỗi mức phân giải (ngoại trừ mức thấp nhất), dải LL là dải sẽ bị phân tách nhỏ hơn. Giả dụ, dải  $LL_{R-1}$  là dải sẽ bị phân tách thành các dải  $LL_{R-2}$ ,  $HL_{R-2}$ ,  $LH_{R-2}$  và  $HH_{R-2}$ . Sau đó, tại mức tiếp theo dải  $LL_{R-2}$  sẽ bị phân tách và cứ như vậy. Quá trình này sẽ lặp đi lặp lại cho tới khi ta thu được dải  $LL_0$  và kết quả hiển thị trong hình 2.3. Nếu không thực hiện biến đổi ( $R=0$ ) thì chỉ có duy nhất dải  $LL_0$ .

JPEG2000 áp dụng biến đổi Wavelet nguyên thuận nghịch 5/3 (the reversible integer-to-integer) (IWT) và biến đổi thực không thuận nghịch (the irreversible real-to-real) Daubechies 9/7. Việc tính toán biến đổi trong JPEG2000 này sẽ được thực hiện theo phương pháp Lifting.



**Hình 2.4.** Phương pháp Lifting 1D dùng tính toán biến đổi Wavelet

Sơ đồ phương pháp Lifting ID áp dụng trong JPEG2000 trên hình 2.4. Việc tính toán biến đổi Wavelet ID 2D được suy ra từ biến đổi Wavelet ID theo các phương pháp phân giải ảnh tùy chọn. Trong JPEG2000, có ba phương pháp giải ảnh nhưng phương pháp được sử dụng nhiều nhất là *phương pháp kim tự tháp*.

Do biến đổi Wavelet 5/3 là biến đổi thuận nghịch nên có thể áp dụng cho nén ảnh theo cả 2 phương pháp, có tổn thất và không tổn thất. Trong khi biến đổi 9/7 chỉ áp dụng cho nén ảnh theo phương pháp có tổn thất thông tin.

### 2.3.4 Lượng tử hóa – Giải lượng tử hóa

Các hệ số của phép biến đổi sẽ được tiến hành lượng tử hóa. Quá trình lượng tử hóa (quantization) cho phép đạt tỉ lệ nén cao hơn bằng cách thể hiện giá trị biến đổi với độ chính xác tương ứng cần thiết với các mức chi tiết của ảnh cần nén. Các hệ số biến đổi được lượng tử hóa theo phép lượng tử hóa vô hướng. Các hàm lượng tử hóa khác nhau sẽ được áp dụng cho các băng con khác nhau và được thực hiện theo biểu thức :

$$V(x, y) = \left[ \frac{|U(x, y)|}{\Delta} \right] \text{sgn} U(x, y) \quad (4.1)$$

Với  $\Delta$  là bước lượng tử,  $U(x,y)$  là giá trị băng con đầu vào;  $V(x,y)$  là giá trị sau lượng tử hóa. Trong dạng biến đổi nguyên, đặt bước lượng tử bằng 1. Với dạng biến đổi thực thì bước lượng tử sẽ được chọn tương ứng cho từng băng con riêng rẽ. Bước lượng tử của mỗi băng do đó phải có ở trong dòng bit truyền đi để phía thu có thể giải lượng tử cho ảnh. Công thức giải lượng tử hóa là:

$$U(x, y) = \left[ V(x, y) + r \text{sgn} V(x, y) \right] \Delta \quad (4.2)$$

$r$  là một tham số xác định dấu và làm tròn, các giá trị  $U(x,y)$  và  $V(x,y)$  tương ứng là các giá trị khôi phục và giá trị lượng tử hóa nhận được. JPEG2000 không cho trước  $r$  tuy nhiên thường chọn  $r = 1/2$ .

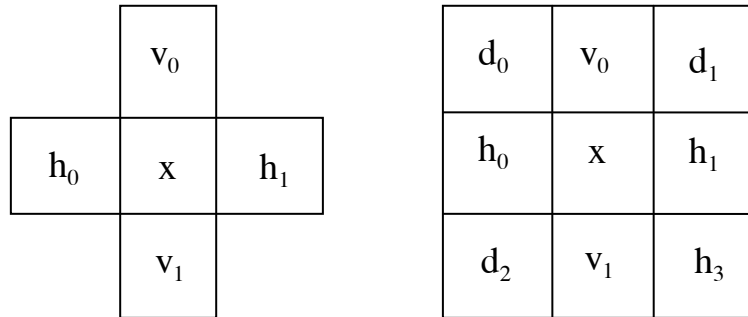
### 2.3.5 Mã hóa tầng thứ nhất (Tier-1 encoder)

Đến đây, mỗi dải sẽ được chia ra thành các hình chữ nhật có cùng độ dài không chồng lên nhau. Ba hình chữ nhật tương ứng với các dải HL, LH, HH trong mỗi mức phân giải sẽ được gộp lại trong một gói (packet). Mỗi packet sẽ cung cấp thông tin về không gian vì nó có chứa các thông tin cần cho việc giải mã hóa ảnh tại vùng không gian đó và trong mức phân giải đó. Các gói còn được chia nhỏ hơn thành các khối mã (codeblock) hình chữ nhật không chồng lên nhau, đó là các thực thể cơ bản trong việc mã hóa entropy. Một codeblock phải có chiều dài và rộng là lũy thừa của 2 và sản phẩm của nó, kích thước định danh – đối số tự do – không được vượt quá 4096. Trong JPEG2000, kích cỡ mặc định của mỗi code block là 64x64.

Sau đó, các code block sẽ được mã hóa một cách độc lập bằng cách dùng bộ mã hóa theo bit-plane (bit-plane coder) có hai đặc điểm riêng, đó là nó không phụ thuộc vào dải bên trong và ba pass coding (ví dụ các pass cleanup, refinement và significance) một bit - plane thay vì hai pass coding. Đặc điểm thứ nhất đảm bảo mỗi code block sẽ được chứa hoàn toàn trong một dải đơn và các code block sẽ được mã hóa hoàn toàn độc lập với các code block khác: vì thế mà có khả năng phục hồi lỗi. Đặc điểm thứ 2 làm giảm lượng thông tin liên kết với mỗi pass coding, làm cho việc điều khiển tỉ lệ tốt hơn. Mỗi một pass trong số này sẽ quét các mẫu (samples) của một codeblock dưới dạng các stripes theo chiều dọc (mỗi stripes có chiều cao định danh là 4 mẫu). Thứ tự quét là từ trên xuống dưới trong một stripe còn các cột được quét từ trái sang phải. Trong một cột, các mẫu được quét từ trên xuống dưới.

Pass cleanup bắt buộc đòi hỏi mã hóa toán học (arithmetic coding) nếu không có các pass khác nó cũng có thể đòi hỏi việc mã hóa thô (raw coding). Đối với khả năng phục hồi lỗi, quy trình mã hóa toán học, mã hóa thô sẽ đảm bảo cho các mẫu bit nào đó bị cấm trong đầu ra. Mã hóa bit-plane sẽ đưa ra chuỗi các kí hiệu cho mỗi coding pass, một số hoặc tất cả

các kí hiệu này có thể được mã hóa entropy thông qua bộ mã hóa toán học nhị phân tương hợp dựa vào ngữ cảnh (context\_based adaptive binary arithmetic coder). Đối với việc chọn ngữ cảnh, thông tin trạng thái cho các láng giềng-4 và láng giềng-8 được đặt trong tài khoản.



**Hình 2.5.** a) láng giềng-4, b) láng giềng-8

Ngữ cảnh phụ thuộc vào các bit đã được mã hóa sẽ phân loại các bit và các tín hiệu (signs) thành các lớp khác nhau cần cho sự phân bố xác suất đồng dạng độc lập. Cho số lớp bằng  $N$  và có  $n_i$  trong lớp  $i$ , với xác suất của các bit, để lấy được giá trị “1”, là  $p_i$  thì entropy ( $H$ ) của mảng bit theo thuyết thông tin của Shannon được tính bằng:

$$H = \sum_{i=0}^{N-1} n_i \left[ p_i \log_2 p_i - (1 - p_i) \log_2 (1 - p_i) \right]$$

Mã hóa entropy sẽ biến đổi các cặp bit và ngữ cảnh này thành dòng bit đã được nén với độ dài gần đạt đến lí tưởng, ví dụ giới hạn Shannon, là hoàn toàn có thể được. Có rất nhiều bộ mã hóa (coder) như thế và JPEG2000 đã mượn bộ mã hóa coder theo chuẩn JBIG2, ví dụ MQ[10].

### 2.3.6 Mã hóa tầng thứ hai (Tier-2 encoder)

Trong bước này, các thông tin của coding pass được đóng gói lại trong các đơn vị dữ liệu gọi là các packets bởi quá trình *packetization*, quá trình này buộc cách tổ chức riêng biệt thành dữ liệu coding pass trong dòng mã đầu ra (output code stream) vì thế rất thuận lợi để đạt các đặc tính mã hóa mong muốn gồm có: thay đổi tỉ lệ (rate scalability) và phục hồi lũy tiến với

độ chính xác và độ nét. Header của packet sẽ cho biết nó chứa coding pass nào, trong khi đó phần thân chứa dữ liệu coding pass thực của chính nó. Đối với việc thay đổi tỉ lệ (rate scalability) cho mỗi tile được tổ chức thành một hoặc nhiều tầng, được đánh số từ 0 đến  $l-1$ , với  $l$  là số tầng. Các tầng thấp hơn chứa các coding pass có dữ liệu quan trọng nhất, trong khi đó các tầng trên có các coding pass chứa các chi tiết nên nó cho phép bộ giải mã xây dựng lại ảnh với chất lượng được cải thiện với mỗi số gia. Việc nén mất mát thông tin cần loại bỏ một số coding pass bằng cách loại bỏ nó ở bất kì lớp (layer) nào trong khi nén không mất mát thông tin không được loại bỏ bất kì coding pass nào.

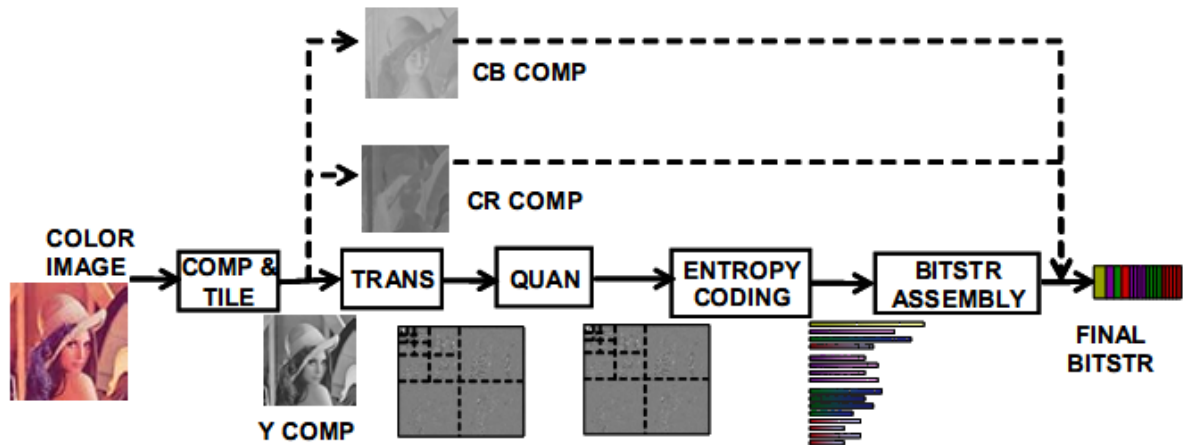
Các code block từ mã hóa tier-2 được nhóm lại và được gọi là các *precincts*. Đối với mỗi kết hợp thành phần-mức phân giải-lớp-khu (component-resolution-layer-precinct combination), một gói sẽ được tạo ra ngay cả khi nó không truyền đi thông tin gì cả : gói rỗng. Một phân khu precinct cho mỗi dải được lấy từ phân khu của dải LL cha của nó. Mỗi mức phân giải có kích thước precinct định danh riêng và nó phải là lũy thừa của 2 nhưng không vượt quá  $2^{15}$ . Kích thước của precinct nhỏ hơn sẽ giảm lượng dữ liệu được chứa trong mỗi gói vì thực tế là dữ liệu của coding pass của các precinct khác nhau được mã hóa trong các gói riêng biệt. Do đó với dữ liệu ít hơn trong mỗi gói sẽ dẫn đến mất mát ít thông tin hơn, khả năng phục hồi lỗi tốt hơn với cùng chi phí cho hiệu suất mã hóa vì mật độ gói được tăng lên.

### **2.3.7 Điều chỉnh tỉ lệ (Rate control)**

Như đã biết, có 2 nguyên nhân dẫn đến việc mất mát thông tin trong JPEG2000, đó là việc lượng tử hóa và việc loại bỏ một số coding pass nào đó trong mã hóa tier-2. Do đó, có 2 lựa chọn để điều chỉnh tỉ lệ:

- Lựa chọn kích thước bước lượng tử hóa (quantizer step size)
- Lựa chọn tập hợp con của các coding pass sẽ lập thành dòng bit cuối cùng (the final bitstream).

Với các biến đổi từ thực sang thực (the real-to-real transform) thì cả hai cơ chế trên đều được sử dụng nhưng với các biến đổi từ nguyên sang nguyên (interger-to-interger transforms) thì chỉ có cơ chế thứ nhất được dùng với  $\Delta=1$  cố định.



**Hình 2.6.** Sơ đồ khái quát hóa JPEG2000 cho ảnh Lena

Ngoài các bước trên cũng có một số thao tác tùy chọn khác. Một trong số đó là mã hóa theo vùng ROI (region of interest coding). Thao tác này cho phép bộ mã hóa encoder mã hóa các phần khác nhau của cùng một ảnh với độ chính xác khác nhau. Định dạng file của JPEG2000 là định dạng JP2 có phần mở rộng là “jp2”. Hình 2.6 là ví dụ về việc thực thi quy trình trên với ảnh Lena.

#### 2.4 Một số phương pháp mã hóa và kết hợp dòng dữ liệu sau mã hóa

JPEG2000 theo khuyến nghị của ủy ban JPEG quốc tế có thể sử dụng nhiều phương pháp mã hóa khác nhau và nhiều cách biến đổi Wavelet khác nhau, để có thể thu được chất lượng ảnh tương ứng với ứng dụng cần xử lý. Điều này giúp cho JPEG2000 mềm dẻo hơn so với JPEG. Việc áp dụng các phương pháp mã hóa khác nhau cũng được mở rộng sang lĩnh vực nén ảnh động bằng biến đổi Wavelet. Trong thực tế, các phương pháp mã hóa ảnh được áp dụng khi thực hiện nén ảnh bằng biến đổi Wavelet cũng như JPEG2000, có phương pháp được coi là cơ sở và được áp dụng nhiều nhất là phương pháp SPIHT và phương pháp EZW. Hiện nay, JPEG2000 vẫn

được áp dụng mã hóa bằng hai phương pháp này và có một phương pháp phát triển từ hai phương pháp này là phương pháp mã hóa mặt phẳng bit. Vì thế dưới đây chúng ta sẽ xem xét hai phương pháp này. Việc kết hợp dòng dữ liệu sau mã hóa của JPEG2000 thực chất là để thực hiện những tính năng đặc biệt của JPEG2000 như tính năng ROI v.v...

### **a) Phương pháp mã hóa SPIHT**

Có thể thấy rằng dù áp dụng biến đổi Wavelet nào hay cùng với nó là một phép phân giải ảnh nào thì trong các băng con có số thứ tự thấp cũng là các thành phần tần số cao (mang thông tin chi tiết của ảnh) trong khi các băng con có số thứ tự cao hơn thì sẽ chứa những thành phần tần số thấp (mang thông tin chính về ảnh). Điều đó có nghĩa các hệ số chi tiết sẽ giảm dần từ băng con mức thấp ( $HH_1$  chẳng hạn) (ứng với thành phần tần số cao) xuống tới băng con mức cao (ứng với thành phần tần số thấp) và có tính tương tự về không gian giữa các băng con, ví dụ như một đường biên của hình vẽ trong ảnh sẽ tồn tại ở cùng vị trí trên các băng con đó (tương ứng với mức độ phân giải của băng con ấy). Điều này đã dẫn tới sự ra đời của phương pháp SPIHT (Set partitioning in hierarchical trees – phương pháp mã hóa phân cấp theo phân vùng). Phương pháp SPHIT được thiết kế để tối ưu cho truyền dẫn lũy tiến. Điều này có nghĩa là tại mọi thời điểm trong quá trình giải nén ảnh theo phương pháp mã hóa này thì chất lượng ảnh hiển thị tại thời điểm ấy là tốt nhất, có thể đạt được với một số lượng bit đưa vào giải mã tính cho tới thời điểm ấy. Ngoài ra, phương pháp này dùng kỹ thuật embedded coding; điều đó có nghĩa là một ảnh sau nén với kích cỡ (lưu trữ) lớn (tỷ lệ nén thấp) sẽ chứa chính dữ liệu sau nén của ảnh đó có kích cỡ (lưu trữ) nhỏ (tỷ lệ nén cao). Bộ mã hóa chỉ cần nén một lần nhưng có thể giải nén ra nhiều mức chất lượng khác nhau. Giả sử gọi các pixel trong một ảnh  $p$  cần mã hóa là  $p_{i,j}$ . Áp dụng một phép biến đổi Wavelet  $T$  nào đó cho các pixel trong ảnh để tạo ra các hệ số của phép biến đổi Wavelet là  $c_{i,j}$ . Các hệ số này sẽ tạo ra một ảnh biến đổi là  $C$ . Phép biến đổi

này được viết dưới dạng toán tử như sau:  $C=T(p)$ . Trong phương pháp truyền dẫn lũy tiến với ảnh, bộ mã hóa sẽ bắt đầu quá trình khôi phục (giải nén) ảnh bằng cách đặt các giá trị của ảnh khôi phục từ các hệ số biến đổi là  $\hat{c}$ . Sử dụng các giá trị giải mã của các hệ số biến đổi để tạo ra một ảnh khôi phục (vẫn chưa áp dụng biến đổi ngược Wavelet) là  $\hat{c}$ . Sau đó, ta áp dụng biến đổi Wavelet để tạo ra ảnh cuối cùng là  $\hat{p}$ . Chúng ta có thể viết dưới dạng toán tử như sau:

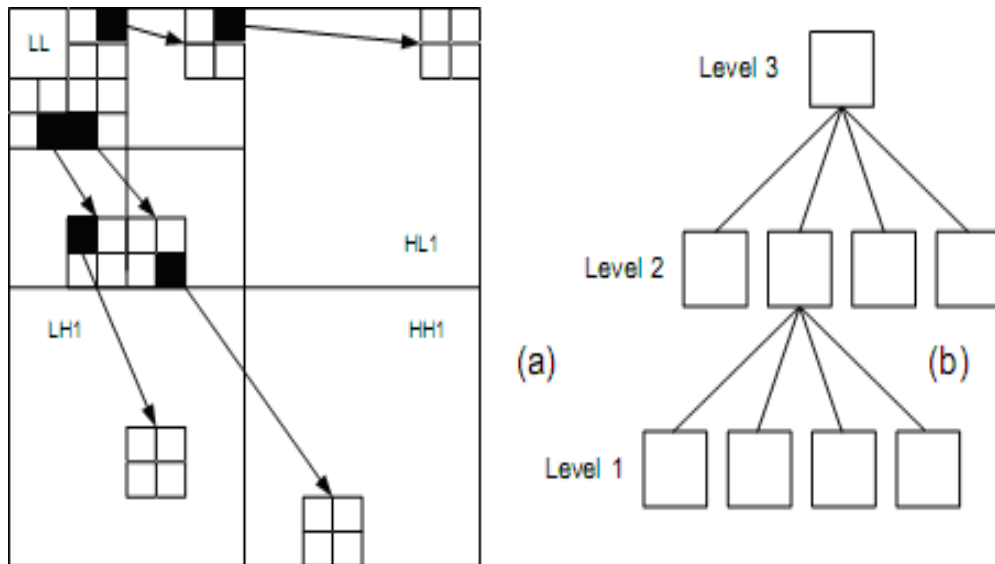
$$\hat{p}=T^{-1}(\hat{c}).$$

*Nguyên tắc quan trọng của phương pháp truyền dẫn ảnh theo kiểu lũy tiến là phương pháp này luôn truyền đi các giá trị mang thông tin quan trọng hơn của ảnh đi trước.* Sở dĩ phải làm như vậy là do các thông tin đó chính là các thông tin sẽ làm giảm thiểu nhiều nhất độ méo dạng của ảnh. Đây chính là lý do tại sao phương pháp SPIHT luôn truyền đi các hệ số lớn trước và cũng là một nguyên tắc quan trọng của phương pháp này. Một nguyên tắc nữa là các bit có trọng số lớn bao giờ cũng mang thông tin quan trọng nhất trong dữ liệu nhị phân. Phương pháp SPIHT sử dụng cả hai nguyên tắc này. Nó sẽ sắp xếp các hệ số biến đổi và truyền đi các bit có trọng số lớn nhất. Quá trình giải mã có thể dừng lại ở bất kì một bước nào tương ứng với giá trị ảnh cần mã hóa yêu cầu. Đây chính là cách mà phương pháp mã hóa SPIHT làm tồn thất thông tin.

### **b) Phương pháp mã hóa EZW**

Phương pháp mã hóa EZW (Embedded Zerotree Wavelet Encoder) cũng dựa trên cơ sở phép mã hóa lũy tiến (progressive coding) giống phương pháp SPIHT. Phương pháp này chủ yếu dựa trên khái niệm về cây zero. Về cơ bản, thuật toán này dựa trên hai nguyên tắc như đã trình bày trong phương pháp mã hóa SPIHT. Sau đây là các khái niệm cơ bản của thuật toán:





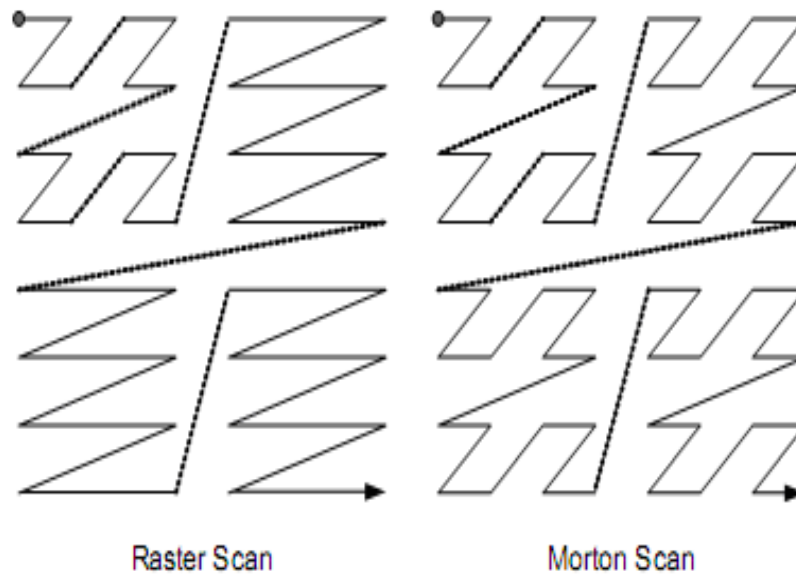
**Hình 2.7.** Minh họa cây tứ phân (a) và sự phân mức (b)

**Cây zero (zero tree):** Cây zero là một cây tứ phân, trong đó tất cả các nút của nó đều nhỏ hơn nút gốc. Một cây như vậy khi mã hóa sẽ được mã hóa bằng một đối tượng duy nhất và khi giải mã thì chúng ta cho tất cả các giá trị bằng không. Ngoài ra để có thể mã hóa được các hệ số Wavelet trong trường hợp này, giá trị của nút gốc phải nhỏ hơn giá trị ngưỡng đang được xem xét ứng với hệ số Wavelet đó.

Nguyên lý hoạt động của thuật toán: Thuật toán sẽ mã hóa các hệ số theo thứ tự giảm dần. Chúng ta dùng một giá trị gọi là ngưỡng và sử dụng ngưỡng này để tiến hành mã hóa các hệ số biến đổi. Các hệ số được mã hóa theo thứ tự từ vùng tần số thấp đến vùng tần số cao. Và chỉ những hệ số có giá trị tuyệt đối lớn hơn hoặc bằng ngưỡng thì mới được mã hóa. Tiếp theo sẽ giảm ngưỡng và cứ làm như vậy đến khi ngưỡng đạt tới giá trị nhỏ hơn giá trị của hệ số nhỏ nhất. Cách giảm giá trị ngưỡng ở đây thực hiện khá đặc biệt, giá trị của ngưỡng được giảm xuống một nửa so với trước đó. Bộ giải mã phải biết các mức ngưỡng này thì mới có thể giải mã ảnh thành công. Nhưng khi đi từ nút cha đến nút con trong cây tứ phân thì nó vẫn có ba nút con. Vậy ta phải đi theo nhánh có nút con nào trước. Nói một cách đầy đủ ta di chuyển từ hệ số này đến hệ số khác theo thứ tự như thế nào. Có

nhiều cách di chuyển, tuy nhiên hai cách di chuyển trên hình 2.8 được sử dụng nhiều nhất.

Việc sắp xếp này phải được quy ước thống nhất giữa quá trình mã hóa và quá trình giải mã để việc giải mã ảnh được thành công.



**Hình 2.8.** Hai cách sắp xếp thứ tự các hệ số biến đổi

## 2.5 Định dạng ảnh JPEG 2000 – JP2

**JP2** là định dạng file JPEG 2000 dùng để thu gọn các dòng mã hóa (codestreams) của JPEG 2000.

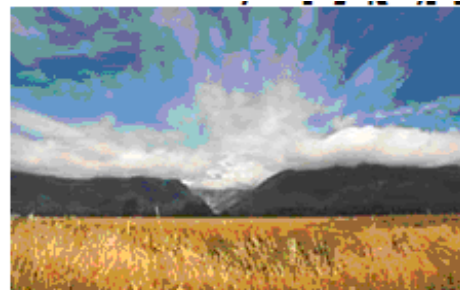
- *Phần mở rộng: jp2.*
- *Cho phép nhúng thông tin XML (ví dụ, metadata).*
- *Alpha channel (ví dụ, tính trong suốt).*
- *Accurate color interpretation: thể hiện màu chính xác.*
- *Hỗ trợ “True color” and “palette color”.*
- *Intellectual property information.*
- *Capture and default display resolution.*
- *File “magic number”.*
- *File transfer errors (ASCII ftp, 7 bit e-mail, v.v...).*

## 2.6 So sánh chuẩn JPEG2000 với JPEG và các chuẩn nén ảnh tĩnh khác

Một tính năng quan trọng và là ưu điểm rõ nét nhất của JPEG2000 so với JPEG cũng như các chuẩn nén ảnh khác như MPEG 4 VTC hay JPEG – LS v.v... là JPEG2000 đưa ra cả hai kỹ thuật nén ảnh có tổn thất và không tổn thất theo cùng một cơ chế mã hóa, nghĩa là JPEG2000 thực hiện tất cả các dạng thức của JPEG chỉ bằng một cơ chế mã hóa duy nhất. Nếu xét về sự tồn tại của 2 kỹ thuật này thì JPEG cũng có khả năng nén ảnh có tổn thất và không tổn thất thông tin.



*JPEG*



*JPEG2000*



*JPEG*



*JPEG2000*

**Hình 2.9.** So sánh JPEG và JPEG2000

Tuy nhiên với JPEG thì cơ chế mã hóa với hai dạng này là khác nhau và rất khó để sử dụng cả hai dạng này cùng lúc cho cùng một ứng dụng. Do đó, có thể thấy rằng JPEG có tính mềm dẻo hơn bất kỳ chuẩn nén ảnh tĩnh nào trước đây. Hơn thế, những thống kê thực tế cho thấy với cùng một tỉ lệ nén và một loại ảnh thì ảnh được nén bởi JPEG2000 luôn có chất lượng tốt

hơn so với JPEG. Chúng ta xem xét hai ảnh trên hình 2.9 để thấy rõ điều này, ảnh bên trái được nén theo JPEG còn ảnh bên phải được nén theo JPEG2000. Tính năng ưu việt thứ 2 của JPEG2000 so với JPEG là trong dạng thức nén có tổn thất thông tin, JPEG2000 có thể đưa ra tỉ lệ nén cao hơn nhiều so với JPEG. Các phần mềm nén ảnh JPEG hiện nay (kể cả Photoshop) cũng chỉ thiết kế để có thể nén được tới tỉ lệ 41:1 với JPEG2000 thì tỉ lệ nén có thể lên tới 200:1. Theo công thức tính PSNR trong đơn vị dB, chúng ta có: (b là số bit dùng biểu diễn 1 pixel trong ảnh gốc).

$$PSNR(dB) = -20 \log \left( \frac{RMSE}{2^b - 1} \right) \quad (4.1)$$

Với hai ảnh ở hình 2.9, sự so sánh về tham số PSNR được cho trên bảng 1. Để so sánh dễ dàng hơn, ta xét ảnh được nén với các tỉ lệ khác nhau (đo lường bởi hệ số bit/pixel hay bpp). Tất cả các số liệu trên bảng đều cho thấy JPEG2000 nén ảnh tốt hơn là JPEG: hơn thế hệ số PSNR mà chúng ta xét trong bảng được đo trong hệ đơn vị logarit.

Bit per pixel	0.125	0.50	2.00
Ảnh 1 theo JPEG	24.42	31.17	35.15
Ảnh 1 theo JPEG2000	28.12	32.95	37.35
Ảnh 2 theo JPEG	22.6	28.92	35.99
Ảnh 2 theo JPEG2000	24.85	31.13	38.80

**Bảng 1.** So sánh JPEG và JPEG2000

Tính năng ưu việt thứ 3 của JPEG2000 so với JPEG là chuẩn nén ảnh này có thể hiển thị được các ảnh với độ phân giải và kích thước khác nhau từ cùng một ảnh nén. Với JPEG thì điều này là không thể thực hiện. Sở dĩ có điều này là bởi JPEG2000 sử dụng kĩ thuật phân giải ảnh và mã hóa đỉnh kèm mà chúng ta đã đề cập tới trong phần mã hóa ảnh theo

JPEG2000. Tính năng này chính là một lợi thế đặc biệt quan trọng của JPEG2000, trong khi JPEG cũng như các chuẩn nén ảnh tĩnh trước đây phải nén nhiều lần để thu được chất lượng với từng lần nén khác nhau, thì với JPEG2000 ta chỉ cần nén một lần còn chất lượng ảnh sẽ được quyết định tùy theo người sử dụng trong quá trình giải nén ảnh theo JPEG2000. Một tính năng nổi bật nữa của JPEG2000 là tính năng mã hóa ảnh theo vùng (ROI – Region of Interest) mà chúng ta đã đề cập trong phần mã hóa ảnh theo JPEG2000. Chất lượng của toàn bộ ảnh cũng được thấy rõ trên hình 2.10, chất lượng của vùng ảnh được lựa chọn tăng cao hơn khi vùng đó được áp dụng phương pháp nén ảnh ROI.



**Hình 2.10.** Minh họa tính năng ROI

JPEG2000 còn một tính năng đặc biệt ưu việt hơn JPEG, là khả năng vượt trội trong khôi phục lỗi. Đó chính là khi một ảnh được truyền trên mạng viễn thông thì thông tin có thể bị nhiễu, với các chuẩn nén ảnh như JPEG thì nhiễu này sẽ được thu vào và hiển thị, tuy nhiên với JPEG2000,

do đặc trưng của phép mã hóa có thể chống lỗi, JPEG2000 có thể giảm thiểu các lỗi này với mức hầu hư không có.

Bảng sau so sánh tính năng của JPEG2000 với một số chuẩn nén ảnh như là JPEG – LS, PNG, MPEG - 4 VTC (Dấu + biểu thị chuẩn đó có chức năng tương ứng, số dấu + càng nhiều thì chuẩn đó thực hiện chức năng tương ứng càng tốt; dấu – biểu thị chuẩn tương ứng không hỗ trợ tính năng đó).

	JPEG2000	JPEG - LS	JPEG	MPEG – 4 VTC	PNG
Khả năng nén ảnh không tổn thất	+++	++++	+	-	+++
Khả năng nén ảnh có tổn thất	+++++	+	+++	++++	-
Khả năng lũy tiến trong khôi phục ảnh	+++++	-	++	+++	+
Kỹ thuật mã hóa theo vùng ROI	+++	-	-	+	-
Khả năng tương tác với các vật thể có hình dạng bất kỳ	-	-	-	++	-
Khả năng truy cập ngẫu nhiên dòng bit của ảnh nén	++	-	-	-	-
Tính đơn giản	++	+++++	+++++	+	+++
Khả năng khôi phục lỗi	+++	++	++	+++	+
Khả năng thay đổi tỉ lệ nén	+++	-	-	+	-
Tính mềm dẻo (khả năng nén nhiều loại ảnh khác nhau)	+++	+++	++	++	+++

**Bảng 2.** So sánh tính năng JPEG2000 với các chuẩn nén ảnh tĩnh khác

# CHƯƠNG 3. PHƯƠNG PHÁP GIẤU THỦY VÂN DỰA VÀO CẶP TẦN SỐ GIỮA DWT

## 3.1 Giới thiệu

Khác với các phương pháp thủy vân cũ, ở phương pháp này, thủy vân sẽ được nhúng vào các hệ số tần số giữa bằng cách lượng tử hóa cặp hệ số tần số giữa, chính là các dải LH và HL trong các hệ số DWT.

Một kỹ thuật thủy vân tốt cần đạt những yêu cầu sau:

- An toàn (security): thủy vân đã nhúng chỉ có thể được truy nhập vào bởi các tổ chức có quyền. Mặc dù thuật toán thủy vân đều được công bố rộng rãi cho mọi người, nhưng những người này nếu không có khóa bí mật sẽ không thể truy nhập vào thủy vân trong ảnh đã được bảo vệ.
- Bền vững (robustness): thủy vân đã nhúng vào phải chống lại được các tấn công cố ý như: nén, lọc tuyến tính hay không tuyến tính, sự tăng hay chỉnh lại kích thước ảnh..
- Tính không thể bị nhìn thấy (Impertibility): người xem ảnh không thể nhìn thấy thủy vân. Điều đó có nghĩa là sau quá trình nhúng thủy vân, chất lượng của ảnh không bị suy giảm.

Trong những năm gần đây, có rất nhiều nghiên cứu kỹ thuật thủy vân. Trong đó, kỹ thuật thủy vân mờ rất được mọi người chú ý. Nó có điểm thuận lợi thấy rõ là không cần ảnh gốc vẫn có thể lấy được thủy vân.

Nhìn chung các kỹ thuật thủy vân có thể chia làm 2 nhóm:

- Kỹ thuật vùng không gian: nhúng tin vào các bit ít quan trọng nhất – các bit thấp (LSB).
- Kỹ thuật thay đổi vùng: phương pháp này tốt hơn so với kỹ thuật vùng không gian. Hai phương pháp biến đổi: biến đổi cosin rời rạc (DCT) và biến đổi sóng rời rạc (DWT) là hai phương pháp biến đổi quan trọng. Trong đó, phương pháp biến đổi DWT có ưu điểm hơn hẳn.

Bởi vì DCT được tính toán một cách độc lập trên các khối pixel nên một lỗi mã hóa sẽ gây ra sự không liên tục giữa các khối thu được. Đó là lí do tại sao JPEG2000 tránh dùng DCT thay vào đó nó chọn DWT. DWT sẽ thao tác trên toàn bộ ảnh. Nó có thể tách ảnh thành các dải tần số khác nhau mà vẫn giữ được các thông tin về không gian. Việc cân bằng giữa tính bền vững và tính vô hình có thể được thực hiện một cách hoàn chỉnh.

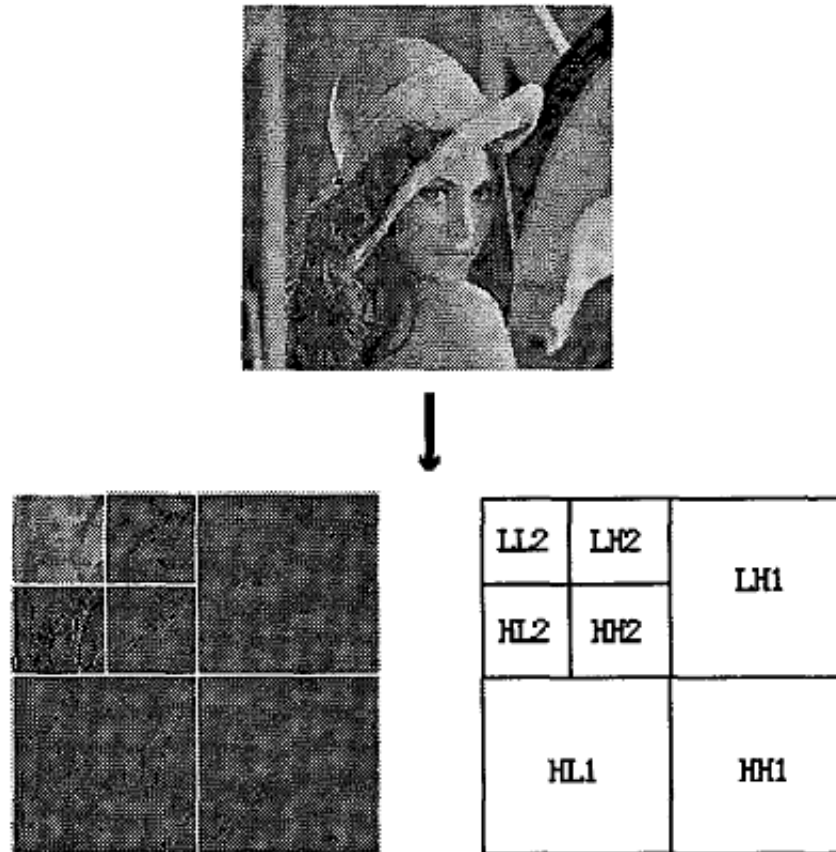
Các kĩ thuật trước đây chỉ bền vững trước các tấn công như blurring, sharpening và nén ảnh JPEG. Phương pháp thủy vân dựa vào cặp tần số giữa DWT (MFP) sẽ cho thấy khả năng ẩn tượng của nó trong việc không chỉ chống lại các tấn công thông thường mà còn chống lại các loại biến đổi cấp xám. Các loại biến đổi cấp xám khác với các tấn công khác ở chỗ chúng thường không gây ra sự suy giảm về mặt chất lượng ảnh. Đôi khi cân bằng histogram được sử dụng như một quá trình nâng cao chất lượng ảnh. Nhưng chúng thường gây ra những thay đổi trầm trọng về ảnh do đó chúng sẽ làm hỏng thủy vân được nhúng vào trong ảnh. Trong báo cáo này sẽ đề cập đến mối tương quan giữa các hệ số DWT với các tấn công dạng này.

### **3.2 Thủy vân trong miền DWT**

Việc tách wavelet có thể thực hiện một cách dễ dàng nhờ thuật toán kim tự tháp. Bằng cách kết hợp 2 bộ lọc low - pass và high - pass, ảnh sẽ được phân tích thành các dải: thấp - thấp (low - low LL), thấp - cao (low - high LH), cao - thấp (high - low HL) và cao - cao (high - high HH). Để thu được các hệ số wavelet nhỏ hơn thì dải LL sẽ được phân tách nhỏ hơn và thu được các mẫu con. Quá trình xử lí này được thực hiện lại vài lần tùy theo yêu cầu của người dùng. Hơn nữa, từ các hệ số DWT này, ta có thể xây dựng lại ảnh gốc. Quá trình xây dựng này được gọi là đảo ngược DWT (IDWT).



Nhìn chung, thủy vân được nhúng trong dải LL thường bền vững trước các tấn công nhưng sẽ gây ra sự suy giảm về chất lượng ảnh. Ngược lại, sự thay đổi các hệ số wavelet cụ thể (dải HH), tin giấu dễ bị nhìn thấy và dễ bị tấn công thay đổi. Thông thường thủy vân số được nhúng vào các dải tần số giữa HL hoặc LH bởi chúng cân đối giữa hai điều trên, có nghĩa là vẫn đảm bảo tính bền vững và vô hình trước mắt người.



**Hình 3.1.** Hai lần phân tách wavelet

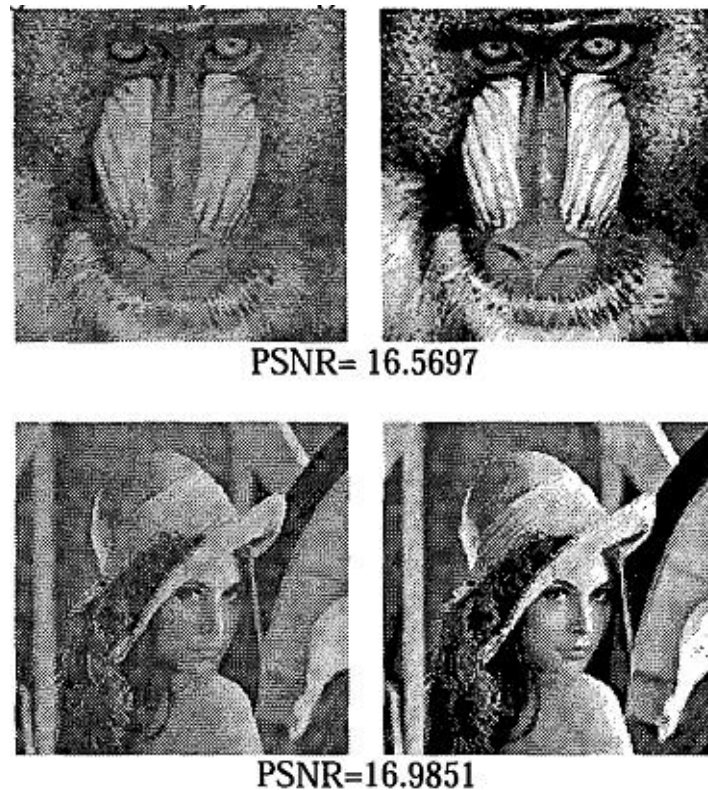
### **3.2.1 Sự tương quan giữa các hệ số của các dải giữa dưới sự biến đổi cấp xám**

Các dải LH và HL được gọi là các dải ở giữa (middle bands) bởi vì chúng chứa thông tin chi tiết về một chiều và các thông tin suy ra được của các chiều khác. Bằng thực nghiệm người ta đã chứng minh mối quan hệ giữa các hệ số của dải giữa với sự biến đổi cấp xám dựa vào cơ sở trực giao harr.

Hai ảnh cấp xám baboon (256x256) và lena (512x512) trong hình 3.2 thể hiện sự khác nhau sau khi cân bằng mức xám. PSNR (peak to signal to noise ratio) thể hiện tỉ số tín hiệu trên nhiễu đỉnh. PSNR được định nghĩa:

$$PSNR = 10 \log_{10} 255^2 / MSE$$

Với MSE (mean square error) là sai số bình phương trung bình giữa ảnh gốc và ảnh đã biến đổi.



**Hình 3.2.** Cân bằng mức xám

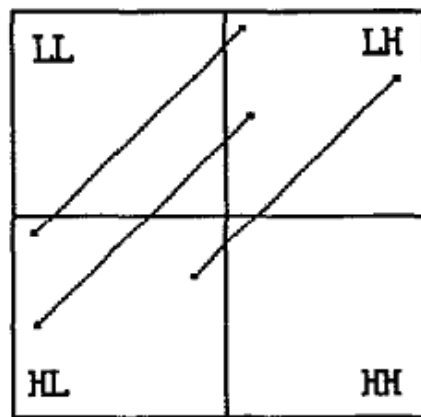
Ảnh đã được phân tách 2 lần và chọn các dải LH2 và HL2 để kiểm tra độ tương quan giữa các hệ số trước và sau khi biến đổi. Sự tương quan correlation được định nghĩa như sau:

$$Correlation(x, y) = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2} \sqrt{\sum (y - \bar{y})^2}}$$

Thông thường trong các dải HL và LH, một vài hệ số có giá trị lớn sẽ được tăng cường về giá trị. Chúng được gọi là các hệ số quan trọng (significant coefficients). Các hệ số này phù hợp để nhúng thủy vân bởi

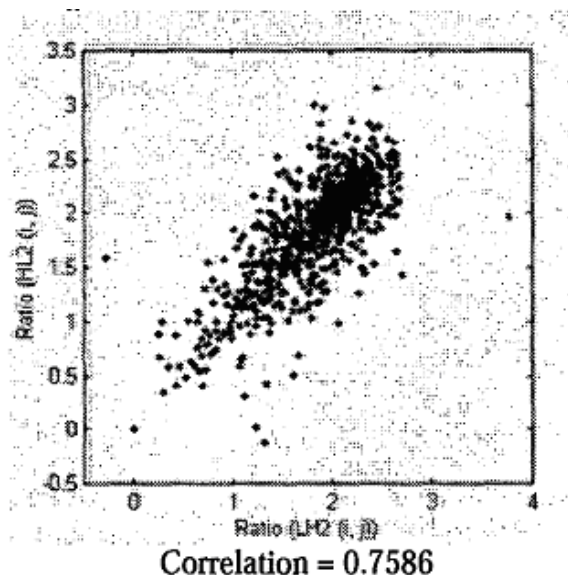
chúng bền vững trước các tấn công thông thường vào ảnh. Ở đây ta sử dụng nó để làm cơ sở đo mối tương quan. Một cặp hai dải tần số giữa chính là một cặp hệ số nằm trên cùng một vị trí trong dải HL và LH được thể hiện trong hình 3.3. Ta sử dụng tỉ lệ giữa các giá trị trước và sau tấn công để chứng tỏ sự thay đổi của hệ số. Điều đó có nghĩa là, tại vị trí (i,j):

$$Ratio(LH(i, j)) = \frac{ABS(LH(i, j))_{afterattacks}}{ABS(LH(i, j))_{beforeattacks}}$$



**Hình 3.3.** Cặp dải tần số giữa

Chúng ta có thể tính toán tỉ lệ giữa  $Ratio(LH2(i,j))$  và  $Ratio(HL2(i,j))$  của  $\frac{1}{4}$  trong số các hệ số của ảnh Baboon sau khi cân bằng histogram. Các hệ số này đại diện cho các hệ số quan trọng trong ảnh 3.4.

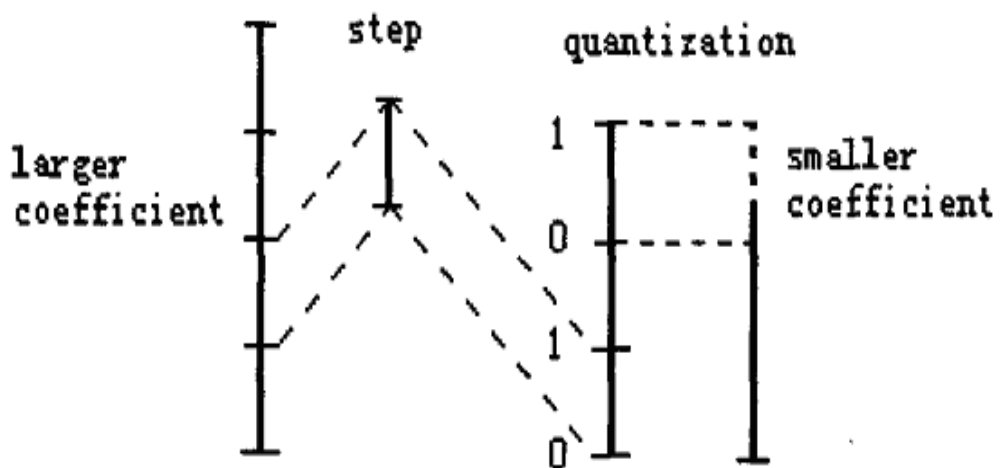


**Hình 3.4.** Mối quan hệ cặp dải trung gian LH2 và HL2 sau khi cân bằng Histogram

Dưới các tần công khác, sự thay đổi của cặp tần số giữa cũng thể hiện mối tương quan nhiều hơn hoặc ít hơn. Ví dụ như khi thực hiện làm mờ ảnh, giá trị trung bình  $\text{Ratio}(\text{LH2}(i,j)) = 0,8368$  và giá trị trung bình  $\text{Ratio}(\text{HL2}(i,j)) = 0,8461$ . Dưới tần công làm nét ảnh (sharpen attack), giá trị trung bình  $\text{Ratio}(\text{LH2}(i,j))$  của nửa lớn nhất của tất cả các hệ số là 1.2621 và giá trị trung bình  $\text{Ratio}(\text{HL2}(i,j)) = 0,8461$ .

### 3.2.2 Thuật toán nhúng và tách thủy vân

**Ý tưởng:** dùng một hệ số trong cặp tần số giữa để lượng tử hóa hệ số còn lại. Bước lượng tử hóa là phần cố định của hệ số lớn hơn. Lựa chọn hệ số nhỏ hơn để thực hiện lượng tử hóa (hình 3.5). 1/3 lớn nhất của tất cả các hệ số được lựa chọn là các hệ số quan trọng để thực hiện việc lượng tử hóa này. Đối với các hệ số nhỏ sử dụng một bước Step duy nhất để lượng tử hóa.



Hình 3.5. Lượng tử hóa cặp tần số dải trung gian

#### A. Kỹ thuật nhúng thủy vân :

- Bước 1: thủy vân là 1 ảnh nhị phân. Ảnh gốc được tách thành 2 mức. Nhúng thủy vân vào các dải LH2 và HL2. Giả sử kích thước của LH2 là  $mxn$  và của thủy vân là  $rxl$ . Thủy vân được nhúng ít nhất là  $\lfloor mxn/rxl \rfloor$  lần.

- Bước 2: ngưỡng **T** của các hệ số nhỏ đặt bằng tầm quan trọng của hệ số lớn nhất trong 1/3 lớn nhất của tất cả các hệ số trong dải LH2 và HL2. **S (step)** là khoảng cách cố định và **D** là số chia cố định. Thủy vân được nhúng vào dải LH2 và HL2 cho đến khi tất cả các hệ số đều được lượng tử hóa. Mỗi vị trí (i,j) được lượng tử hóa theo 1 bit thủy vân. Nếu bit này =1, hệ số được làm tròn đến con số lẻ gần nhất, nếu không nó được làm tròn đến con số chẵn gần nhất như trong hình 3.5 thể hiện.

**For** tất cả hệ số có trong dải LH2 và HL2

**If**  $ABS(HL2(i,j)) < T$  and  $ABS(LH2(i,j)) < T$

Lượng tử hóa LH2(i,j) và (HL2(i,j)) bằng khoảng cách cố định S;

**Else**

$Maxcoef = Max(ABS(HL2(i,j)), ABS(LH2(i,j)))$ ;

**If**  $Maxcoef = ABS(LH2(i,j))$

Lượng tử hóa HL2(i,j) bằng  $Maxcoef/D$ ;

**Else**

Lượng tử hóa LH2(i,j) bằng  $Maxcoef/D$ ;

**End if**

**End if**

**End for**

- Sau đó thực hiện IDWT 2 chiều để lập thành ảnh thủy vân.

## B. Kỹ thuật tách thủy vân

Ảnh được phân tách thành 2 mức. Khi thủy vân được thêm vào ảnh gốc một cách dư thừa, các hệ số của tần số giữa sẽ chia thành các phần, mỗi phần sẽ có số các hệ số bằng với số bit của thủy vân. Gọi  $B(i,j)$  là các bit lấy ra được tại các vị trí (i,j)

**For** tất cả hệ số trong dải LH2 và HL2 có trong phần này

**If**  $ABS(HL2(i,j)) < T$  and  $ABS(LH2(i,j)) < T$

$B(i,j) = (\text{LH2}(i,j)/S \bmod 2 + \text{HL2}(i,j)/S \bmod 2)/2;$

**Else**

$\text{Maxcoef} = \text{Max}(\text{ABS}(\text{HL2}(i,j)), \text{ABS}(\text{LH2}(i,j)));$

$\text{Step} = \text{Maxcoef} / D;$

**If**  $\text{Maxcoef} = \text{ABS}(\text{LH2}(i,j))$

$B(i,j) = \text{HL2}(i,j) / \text{Step} \bmod 2;$

**Else**

$B(i,j) = \text{LH2}(i,j) / \text{Step} \bmod 2;$

**End if**

**End if**

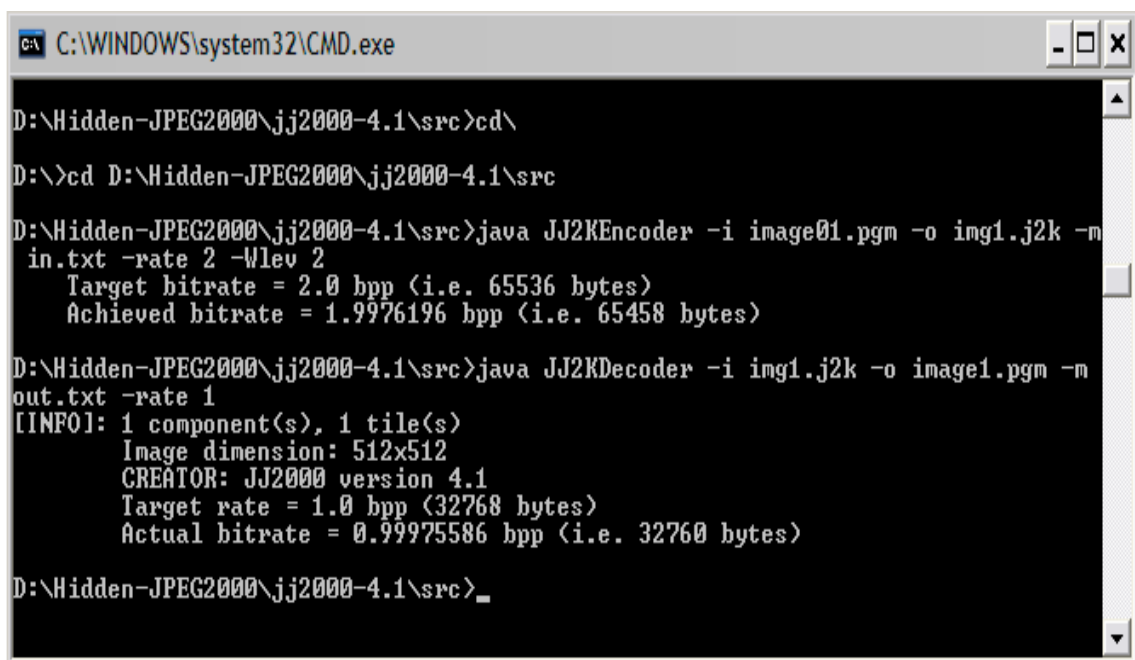
**End for**

Ta có thể thấy mỗi bit của thủy vân được lấy ra vài lần. Giá trị thực sự của bit là giá trị trung bình của các bit được lấy ra. Trọng số của bit là khoảng cách dùng để chia các hệ số.

## CHƯƠNG 4. CÀI ĐẶT THỬ NGHIỆM

### 4.1 Môi trường cài đặt

- Ngôn ngữ cài đặt: Java là một ngôn ngữ lập trình có hiệu quả cao, cấu trúc độc lập nên các ứng dụng của nó chỉ cần viết sao cho chạy được trên máy ảo Java là có thể cài đặt và chạy tốt trên mọi hệ thống.
- Môi trường soạn thảo: Jcreator 4.5.
- Môi trường chạy chương trình: môi trường dòng lệnh của DOS.
- Dưới đây là giao diện chính của chương trình:



```
C:\WINDOWS\system32\CMD.exe

D:\Hidden-JPEG2000\jj2000-4.1\src>cd\
D:\>cd D:\Hidden-JPEG2000\jj2000-4.1\src
D:\Hidden-JPEG2000\jj2000-4.1\src>java JJ2KEncoder -i image01.pgm -o img1.j2k -m
in.txt -rate 2 -Wlev 2
Target bitrate = 2.0 bpp (i.e. 65536 bytes)
Achieved bitrate = 1.9976196 bpp (i.e. 65458 bytes)
D:\Hidden-JPEG2000\jj2000-4.1\src>java JJ2KDecoder -i img1.j2k -o image1.pgm -m
out.txt -rate 1
[INFO]: 1 component(s), 1 tile(s)
Image dimension: 512x512
CREATOR: JJ2000 version 4.1
Target rate = 1.0 bpp (32768 bytes)
Actual bitrate = 0.99975586 bpp (i.e. 32760 bytes)
D:\Hidden-JPEG2000\jj2000-4.1\src>_
```

Hình 4.1. Giao diện chương trình

Giải thích dòng lệnh:

*java JJ2KEncoder -i image01.pgm -o img1.j2k -m in.txt -rate 2 -Wlev 2*

- Đối số JJ2KEncoder: là tên file chạy khởi đầu của chương trình thực hiện giấu - encoder.
- Đối số -i: cho biết ảnh đầu vào (input).
- Đối số image01.pgm: tên file ảnh đầu vào.
- Đối số -o: cho biết ảnh đầu ra (output).
- Đối số image01.j2k: tên file ảnh đầu ra.

- Đối số -m: cho biết thông điệp cần giấu (message).
- Đối số in.txt: tên file chứa thông điệp cần giấu.
- Đối số rate: cho biết là thực hiện giấu hay tách lấy thông điệp. Với 1 là thực hiện giấu.
- Đối số -Wlev 2: thực hiện phân tách ảnh 2 lần.

Giải thích dòng lệnh:

***java JJ2KDecoder -i img1.j2k -o image1.pgm -m out.txt -rate 1***

- Đối số JJ2KDecoder: là tên file chạy khởi đầu của chương trình thực hiện tách lấy thông điệp - decoder.
- Đối số -i: cho biết ảnh đầu vào (input).
- Đối số image01.j2k: tên file ảnh đầu vào.
- Đối số -o: cho biết ảnh đầu ra (output).
- Đối số img1.pgm: tên file ảnh đầu ra.
- Đối số -m: cho biết thông điệp tách lấy ra được (message).
- Đối số in.txt: tên file chứa thông điệp cần giấu.
- Đối số rate: cho biết là thực hiện giấu hay tách lấy thông điệp. Với 2 là thực hiện tách.

Ta có:



Ảnh trước khi giấu



Ảnh sau khi giấu

**Hình 4.2.** Ảnh trước và sau khi giấu tin



## 4.2 Thử nghiệm

Dưới đây là một tập cơ sở dữ liệu ảnh gồm 20 ảnh đã được chuyển đổi sang định dạng PGM có kích cỡ 512x512 pixel. Các ảnh được đặt tên từ image01 đến image20.



Image01



Image02



Image03



Image04



Image05



Image06



Image07



Image08



Image09



Image10



Image11



Image12



Image13

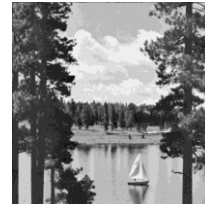


Image14



Image15



Image16

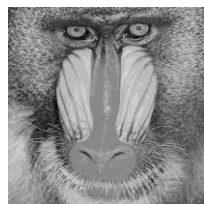


Image17



Image18

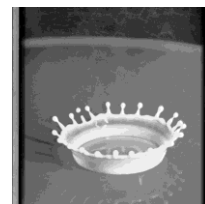


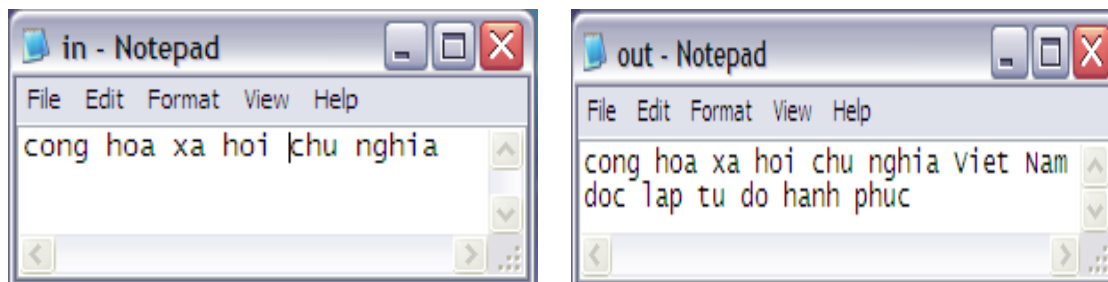
Image19



Image20

**Bảng 1.** Tập ảnh thử nghiệm

Sử dụng phương pháp thủy văn dựa vào cặp tần số giữa DWT để thực hiện giấu hai thông điệp sau vào tập cơ sở dữ liệu ảnh trên, ta thu được kết quả trong bảng 2.



Thông điệp 1 – 25 byte (200 bit)

Thông điệp 2 – 58 byte (464 bit)

**Hình 4.3.** Thông điệp dùng để giấu

Ảnh	PSNR với thông điệp 1	PSNR với thông điệp 2
Image01	35.5	35.2
Image02	36.6	36.1
Image03	35.4	35.3
Image04	35.8	35.7
Image05	35.1	34.9
Image06	35.2	35.8
Image07	36.9	36.1
Image08	37.3	37.5
Image09	35.1	34.9
Image10	35.5	35.3
Image11	35.9	35.5
Image12	32.9	32.6
Image13	36.4	36.1
Image14	35.3	35.1
Image15	36.4	36.3
Image16	34.7	34.5
Image17	37.8	37.4
Image18	35.6	35.1
Image19	37.9	37.7
Image20	35.3	35.1

**Bảng 2.** Bảng kết quả độ nhiễu khi giấu

### 4.3 Đánh giá thuật toán

PSNR là một trong các thông số giúp đánh giá chất lượng của ảnh (hay khung ảnh video) ở đầu ra so với ảnh gốc. Thông thường nếu  $PSNR \geq 40 \text{ dB}$  thì hệ thống mắt người gần như không phân biệt được giữa ảnh gốc và ảnh khôi phục. Với kết quả ở bảng trên ta có thể thấy là ảnh đầu ra có chất lượng gần như không suy giảm. Việc tăng kích cỡ thông tin giấu trong giới hạn cho phép vào trong ảnh cũng không ảnh hưởng đáng kể tới chất lượng ảnh. Hơn nữa, các thông tin được tách lấy ra hoàn toàn chính xác. Từ đó, ta có thể khẳng định tính đúng đắn của thuật toán.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Quan Yuan, Hongxun Yao, Wen Gao, Sanghyun Joo – “Blind watermarking method based on DWT middle frequency pair”.
- [2]. Đỗ Ngọc Anh – “Nén ảnh sử dụng wavelet và ứng dụng trong các dịch vụ dữ liệu đa phương tiện”.
- [3]. R. G. van Schyndel, A. Z. Tirkel, and C. F. Osborne – “A digital watermark”, proceeding of IEEE International Conference On Image Processing, volume: 2, pp. 86-90, 1994.
- [4]. Khizar Hayat, William Puech, Marc Chaumont, Gilles Gesquiere – “Wavelet Based Data Hiding Of Dem In The Context Of Real Time 3D Visualization”.
- [5]. N. Thomos, N. V. Boulgouris, E. Kokkinou, M. G. Strintzis – “Efficient Data Hiding In Jpeg2000 Images Using Sequential Decoding Of Convolutional Codes.
- [6]. Prof. Touradj Ebrahimi, Dr. Frédéric Dufaux – “JPEG 2000 image compression standards” – ppt.
- [7]. “Authentication And Access Control In The Jpeg2000 Compressed Domain” – Raphaël Grosbois, Pierre Gerbelot and Touradj Ebrahimi – Signal Processing Laboratory – Swiss Federal Institute of Technology, CH-1015, Lausanne, Switzerland.
- [8]. Website: <http://www.JPEG.org/JPEG2000.html>.

## KẾT LUẬN

Báo cáo đã trình bày những khái niệm tổng quan về giấu tin, cho thấy được tầm quan trọng của giấu tin trong đời sống hiện nay. Với mục đích của đề án là nghiên cứu về kỹ thuật nén ảnh sử dụng biến đổi wavelet từ đó áp dụng giấu tin, nên em đã đi sâu vào nghiên cứu cơ sở lý thuyết của chuẩn nén ảnh JPEG2000 – là chuẩn nén phổ biến dựa trên biến đổi wavelet và hiện nay đang được áp dụng nhiều trong các server chuyển đổi định dạng ảnh.

Báo cáo cũng đã giới thiệu một thuật toán giấu tin dựa trên wavelet là thuật toán MFP. Đây là một kỹ thuật mới. Nó cho phép nhúng thủy vân vào ảnh và tách lấy ra dựa vào các cặp dải tần số giữa dưới sự biến đổi wavelet. Kết quả đầu ra là các thông tin được giấu vào trong ảnh an toàn hơn nữa chất lượng ảnh không hề kém đi.

Việc áp dụng thuật toán MFP để giấu tin trong ảnh JPEG2000 cho phép giấu tin an toàn, bền vững và không gây hư hại cho ảnh chứa có thể nói đã tạo thêm một ưu điểm mới cho JPEG2000.