

NGHIÊN CỨU KỸ THUẬT WATERMARKING ÂM THANH TRONG PHÂN TÍCH ÂM NHẠC

Đinh Công Hùng, Nguyễn Thạc Dũng, Tạ Hữu Long, Lê Đình Mạnh

Trường Đại học Thông tin liên lạc

Tóm tắt: Trong bài báo này, chúng tôi đề xuất mô hình watermarking tín hiệu âm nhạc dựa trên kỹ thuật nhận dạng âm thanh và đặc điểm cảm nhận âm nhạc của hệ thống thính giác. Bài báo trình bày các phương pháp nhúng thủy vân vào tín hiệu âm thanh. Qua đó cải tiến và đề xuất phương pháp nhúng có mức độ “ẩn” cũng như độ “bền vững” cao. Kết quả mô phỏng trong bài báo sẽ được sử dụng để đánh giá tính tối ưu của phương pháp dựa trên tính “Ẩn” và “Bền vững” của watermark.

Từ khóa: Kỹ thuật watermarking âm thanh; Kỹ thuật watermarking âm nhạc

1. Mở đầu

Sự phát triển của internet băng thông rộng đang thúc đẩy mạnh mẽ sự phát triển của công nghệ đa truyền thông Multimedia. Các nguồn dữ liệu multimedia như âm thanh, hình ảnh, văn bản... có thể được truy cập và được phân phối nhanh hơn và rộng hơn. Xu thế này mang lại nhiều lợi ích cho người sở hữu các sản phẩm multimedia, nhưng cũng thách thức quyền sở hữu của chúng ta bởi vì hầu hết các dữ liệu multimedia được phân phối dưới các định dạng không bảo mật.

Hiện nay, việc sao chép và phân phối lại bất hợp pháp các sản phẩm multimedia đang diễn ra khá phổ biến, do đó các công nghệ bảo vệ bản quyền và xác thực quyền sở hữu trí tuệ đang được quan tâm đặc biệt và cũng là mục tiêu nghiên cứu của nhiều tổ chức khoa học trong thời gian gần đây. Một trong những kỹ thuật tiên tiến cho phép thực hiện những thông tin bản quyền vào các sản phẩm trí tuệ (lưu dưới dạng số) là kỹ thuật watermarking. Watermarking (thủy ấn) là quá trình nhúng thông tin watermark (thủy vân) vào luồng dữ liệu đa phương tiện (audio, video...) sao cho watermark không ảnh hưởng tới chất lượng của dữ liệu và khi cần thiết, có thể nhận biết và tách chúng với độ chính xác cao nhất có thể.

Watermark thường được sử dụng với các mục đích sau: Xác nhận bản quyền; kỹ thuật vân tay; cấm sao chép; giám sát độ xác thực của dữ liệu; giám sát phát sóng. Ngoài ra, watermark còn được sử dụng ngoài mục đích bảo mật: Đánh dấu vị trí đoạn video; lưu dữ liệu về bệnh

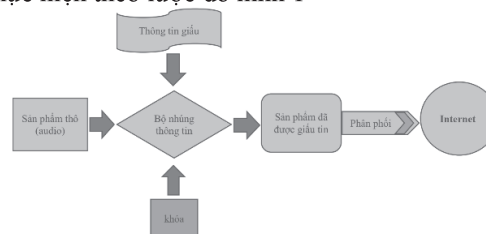
nhân trong ảnh y sinh; truyền tải các thông tin mật.

2. Kỹ thuật watermarking âm thanh và watermarking âm nhạc

2.1. Khái niệm

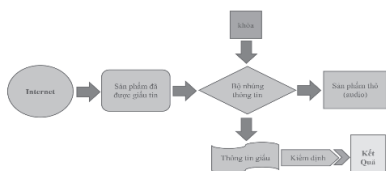
2.1.1. Kỹ thuật watermarking âm thanh

Một cách tổng quan, watermarking âm thanh bao gồm các dạng âm thanh số, chúng đều được thực hiện theo lược đồ hình 1



Hình 1. Lược đồ nhúng watermarking âm thanh

Trước khi phân phối, sản phẩm chưa được nhúng watermarking được gọi là sản phẩm thô, sản phẩm thô này được đưa qua một bộ nhúng thông tin số. Bộ nhúng này kết hợp thông tin nhúng và khóa tương ứng để đưa thông tin ẩn vào sản phẩm thô ban đầu. Sau đó, sản phẩm thô đã được nhúng trở thành sản phẩm chứa watermarking và được phân phối. Khi có nhu cầu giải mã watermarking để chứng thực về bản quyền, các sản phẩm âm thanh đã được phân phối đều sẽ được giải mã dựa theo lược đồ hình 2.



Hình 2. Lược đồ giải nhúng watermarking âm thanh

Sản phẩm phân phối được đưa qua bộ giải mã thông tin. Bộ giải mã này đưa mã khóa tương ứng vào để so sánh dữ liệu đầu vào và lấy mã watermarking của dữ liệu ra để đưa vào bộ phận thông tin giấu và đưa ra kiểm định. Bộ kiểm định là một bộ từ điển có các mã có sẵn để nhận diện. Sau khi nhận diện được mã thông tin giấu, bộ giải mã cho ra quyết định bản quyền của sản phẩm tương ứng với mã watermarking đã được nhận diện và cả sản phẩm thô ban đầu được nhúng tương ứng với mã đó. Trong kỹ thuật watermarking âm thanh nói chung, dù đối với dạng âm thanh nào cũng phải đạt hai tiêu chuẩn về “độ ẩn” và “độ bền vững”. Hai yếu tố quyết định kỹ thuật watermarking có đủ mạnh mẽ hay không, đồng thời cũng là tiêu chí để so sánh các kỹ thuật watermarking âm thanh với nhau.

Độ “bền vững”: đánh giá khả năng watermark chống lại các cuộc tấn công từ bên ngoài tới tín hiệu được nhúng. Đối với một âm thanh đã được phép phân phối nghĩa là đã được định danh bằng watermarking, thông tin watermark được giấu trong tập tin âm thanh phải được giữ nguyên vẹn sau các quá trình chuyển đổi qua lại nhiều lần giữa các dạng âm thanh để đáp ứng nhu cầu người dùng.

Độ “ẩn”: là việc giấu watermark trong các tín hiệu âm thanh mà không làm thay đổi tín hiệu âm thanh đó về mặt cảm nhận của hệ thống giác quan người (HAS). Hay nói cách khác, độ ẩn đạt yêu cầu khi người nghe không thấy sự khác biệt giữa hai tín hiệu âm thanh trước và sau khi được nhúng watermark. Quan trọng hơn, nó còn giữ được sự bảo mật thông tin, không dễ bị phát hiện bởi các bộ giải mã không thuộc quyền sở hữu.

Các tín tắc thường đánh cắp dữ liệu mật được ẩn trong các tín hiệu âm thanh bằng cách đọc các thông tin ẩn đó bởi các thông tin giải mã watermarking. Vậy độ mạnh yếu của độ “ẩn” là việc nó có cho phép các tín tắc đọc ra các tin thư mật hay không.

2.1.2. Kỹ thuật watermarking âm nhạc

Watermarking âm nhạc là một dạng nâng cao của watermarking âm thanh và các quá trình nhúng hay giải nhúng watermark đều khác với các dạng âm thanh số khác. Đối với âm thanh, hai dạng tiêu chí để đánh giá watermarking là độ “ẩn” và độ “bền vững” thì với âm nhạc, tiêu chí đánh giá watermarking là độ “bền vững”, độ

“ẩn” và độ “thẩm mỹ của ẩn”. Đối với âm nhạc, có hai tiêu chí chính để đánh giá giá trị watermarking của các kỹ thuật đó là độ “ẩn” và độ “bền vững” nhưng độ “ẩn” này không đơn thuần chỉ là độ “ẩn” trong kỹ thuật watermarking của âm thanh số nói chung, mà nó còn là độ “hòa âm”, và độ “hòa hợp” để đạt được tính thẩm mỹ đối với cảm nhận người nghe. Đó cũng chính là điểm mấu chốt của kỹ thuật watermarking âm nhạc.

Về cơ bản, âm nhạc là sự hòa âm của nhiều loại âm thanh. Sự hòa âm này được tuân theo “*quy luật âm nhạc*”. Nếu một tín hiệu bất kỳ được cho vào bài hát mà không tuân thủ theo quy luật của bài hát đó sẽ tạo ra sự bất hòa âm hay sự trái ngược tức thời về mặt cảm nhận, âm nhạc gọi đó là “tiếng ồn” hay “tạp âm”. Watermarking âm nhạc là nhúng tín hiệu âm thanh vào bài hát mà vẫn giữ nguyên cảm nhận của người nghe về chất lượng bài hát đó. Nên độ “ẩn” của watermarking âm nhạc bao gồm cả độ “hòa âm” và độ “thẩm mỹ hòa âm” trong đó. Bởi chỉ cần một âm thanh trái ngược với quy luật hòa âm của bài hát được nhúng vào bài hát, cho dù biên độ cực nhỏ cũng gây ra sự phát hiện rõ ràng cho tai người nghe.

Vậy watermarking âm nhạc là watermarking âm thanh được nâng cao thêm phần *thẩm mỹ hòa âm* cho độ “ẩn”.

2.2. Các bước thực hiện

2.2.1. Các bước thực hiện watermarking âm thanh

Bước 1: Chuyển tín hiệu trong miền thời gian thực sang miền tần số với biến đổi Fourier rời rạc; sau đó đưa tín hiệu vừa thu được trong miền tần số kết hợp với tín hiệu trong miền thời gian ban đầu.

Bước 2: Chia biểu đồ spectrogram thành từng khung âm thanh (Frame) đều nhau, mỗi khung âm thanh được coi là một đơn vị của biểu đồ Spectrogram trong suốt quá trình nhúng watermarking, thông thường mỗi khung âm thanh sẽ đảm nhận thể hiện cho một giá trị ẩn sau khi được watermarking.

Bước 3: Nhận diện các đỉnh trong biểu đồ spectrogram để tìm ra đỉnh cao nhất trong mỗi khung âm thanh, cũng là đỉnh thể hiện mức năng lượng cao nhất trong mỗi đơn vị biểu đồ Spectrogram. Đỉnh này cũng được coi là đỉnh đặc trưng cho mỗi đơn vị nhúng watermark vì vị trí nhúng watermarking gốc được định vị tại đỉnh có mức năng lượng cao nhất trong mỗi đơn vị.

Lý do của việc chọn đỉnh cao nhất làm đỉnh đặc trưng mà không chọn đỉnh có mức năng lượng thấp:

Ta gọi f_0 : là tần số của đỉnh đặc trưng. Δ : là mức năng lượng thay đổi tại f_0 để thể hiện các giá trị bit “0” hay bit “1” trong mã watermarking. Để giữ được tính “ân”, hay nói cách khác là không làm ảnh hưởng nhiều đến chất lượng âm thanh gốc thì giá trị Δ là rất nhỏ, nên điều kiện của Δ giả sử là $\Delta = 5\% f_0$

Giả sử giải thuật nhúng bit “1” và bit “0” là như sau:

Nếu giá trị watermark mang bit “1” thì $<f_0 + \Delta$

Nếu giá trị watermark mang bit “0” thì $<f_0 - \Delta$

Do vậy, nếu f_0 là đỉnh có mức năng lượng thấp thì lượng Δ sẽ đáng kể so với f_0 vì giá trị của f_0 và Δ được xem là các giá trị nhỏ tương đương nhau. Điều đó có nghĩa, mức tín hiệu gốc sẽ bị thay đổi nhiều khi tác động bởi Δ hay sau khi được nhúng watermarking.

Ngược lại, nếu f_0 là đỉnh của mức năng lượng cao nhất thì theo tính tương đối, một lượng Δ rất nhỏ khoảng 5% của f_0 sẽ không đáng kể so với một lượng f_0 rất lớn, và sẽ không gây ảnh hưởng nhiều đến f_0 hay chất lượng của cả tín hiệu khi thực hiện nhúng watermarking.

Bước 4: Thực hiện nhúng watermarking theo giải thuật như đã giải thích ở bước 3

2.2.2. Các bước thực hiện watermarking âm nhạc

Bước 1: Chuyển tín hiệu trong miền thời gian thực sang miền biểu đồ Spectrogram – biểu đồ thời gian tần số.

Bước 2: Chia biểu đồ Spectrogram thành từng khung âm thanh (Frame) đều nhau.

Bước 3: Nhận diện các đỉnh trong biểu đồ spectrogram để tìm ra đỉnh cao nhất trong mỗi khung âm thanh.

Bước 4: Đưa tám lược tần số khớp với các đỉnh cao nhất trong biểu đồ spectrogram vừa tìm thấy để lọc lấy các tần số cơ bản và các âm điệu chính của bài.

Bước 5: Nhận diện nốt nhạc dựa trên giá trị tần số cơ bản nhận được từ bước 4.

Bước 6: Nhúng các bit “0” “1” theo quy ước. Trong miền thời gian, nhúng vào tất cả các frames trong khoảng thời gian tồn tại nốt nhạc đã được nhận dạng. Trong miền tần số, nhúng vào vị trí các quãng hòa âm ưu tiên (quãng 8, quãng 5 hoặc quãng 4) của nốt nhạc nói trên.

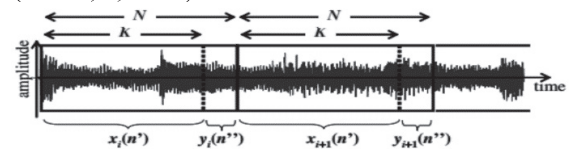
2.3. Phương pháp watermarking dựa trên nguyên lý đồng âm

Đầu tiên, tín hiệu âm thanh được chia thành những đoạn nhỏ đều nhau có chiều dài N mẫu. Trong mỗi chuỗi N mẫu, chúng ta sử dụng chuỗi K mẫu để nhúng thông tin watermark, K

bé hơn hoặc bằng N . Và chúng được định nghĩa như sau:

Chuỗi K mẫu: là chuỗi $x_i(n')$ ($n' = 0, 1, \dots, K-1$)

$N-K$: được định nghĩa là chuỗi $y_i(n'')$ ($n'' = 1, \dots, N-K$)



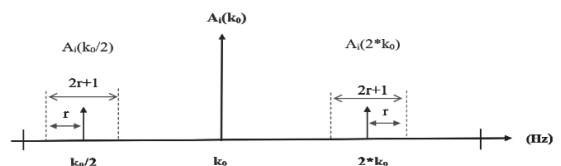
Hình 3. Tín hiệu được chia thành các phân đoạn nhỏ theo miền thời gian

Khi nhúng tín hiệu watermarking, chúng tôi chỉ tác động vào các mẫu K hay chuỗi $x_i(n')$ bị thay đổi giá trị, và các chuỗi $y_i(n'')$ được giữ nguyên để đảm bảo chất lượng âm thanh được giữ ở mức ổn định, hay không bị thay đổi quá nhiều.

2.3.1. Phương pháp nhúng

Bước 1: Ta xác định chỉ những watermarking vào chuỗi tín hiệu $x_i(n')$ trong miền thời gian. Sử dụng biến đổi Fourier rời rạc (DFT) với chuỗi $x_i(n')$ chúng ta có phổ $A_i(k)$. Quá trình nhúng watermarking được thực hiện trực tiếp ở miền tần số nên ở bước 2 chúng tôi chỉ xét đến tín hiệu $A_i(k)$.

Bước 2: chuỗi tín hiệu $A_i(k)$ sẽ được lọc lấy các tần số cơ bản bằng bộ lọc răng lược. Sau khi thực hiện so sánh ngưỡng để nhận diện đỉnh, đặt đỉnh có mức năng lượng cao nhất làm $A_i(k_0)$. Với k_0 là tần số có biên độ cao nhất trong đồ thị spectrogram của tín hiệu. Chúng ta xét hai tần số nằm trên và dưới tần số k_0 một octave



Hình 4. Minh họa quá trình watermarking

$A_i(k_0)$ là vạch tần có biên độ về tần số cao nhất trong chuỗi $A_i(k)$

Bước 3: Xác định vị trí nhúng:

Quãng 8 là vị trí những ưu tiên số 1 nên chúng tôi chọn nó làm trường hợp tổng quát, các quãng khác được thực hiện tương tự. k_0 là tần số có mức năng lượng cao nhất trong chuỗi mẫu K , ta gọi k_0 là tần số đặc trưng. Ta tìm vị trí quãng 8 trên và quãng 8 dưới của tần số đặc trưng k_0 . Vậy vị trí nhúng trong trường hợp này là tần số $2*k_0$ và $k_0/2$.

2.3.2. Phương pháp giải mã watermarking

Giống như quá trình nhúng, chúng tôi cũng thực hiện các bước sau:

Bước 1: Chuyển chuỗi $x(n)$ sang miền tần số với phép biến đổi Fourier rời rạc (DFT) để có tập hệ số khai triển $Ai(k)$.

Bước 2: chuỗi tín hiệu $Ai(k)$ sẽ được lọc lấy các tần số cơ bản. Sau khi nhận diện đỉnh, ta có đỉnh có mức năng lượng cao nhất trong chuỗi $Ai(k_0)$.

Bước 3: Xác định vị trí đã nhúng: Ở đây, vì giải thuật nhúng được xác định tại vị trí quãng 8 trên $2 \times k_0$ và quãng 8 dưới $k_0/2$ nên chúng tôi xác định giá trị biên độ phổ tại 2 vị trí tần số này.

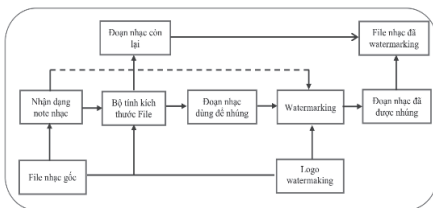
2.3.3. Chất lượng âm thanh về mặt cảm nhận PEAQ

Để đánh giá tính ẩn của phương pháp watermarking dựa trên mặt cảm nhận của hệ thính giác con người (HAS), chúng ta có thể dùng chuẩn PEAQ (Perceptual Evaluation Of Audio Quality) để so sánh chất lượng âm thanh trước và sau khi nhúng. PEAQ là chuẩn đặc trưng cho chất lượng âm thanh về mặt cảm nhận, viết tắt của cụm từ “Perceptual Evaluation Of Audio Quality”. PEAQ là một thuật toán được chuẩn hóa để đánh giá một cách khách quan về chất lượng âm thanh, sự khách quan ở đây được thể hiện qua mô hình cảm nhận của hệ thính giác. PEAQ này được phát triển vào những năm 1994 – 1998 bởi liên doanh các nhà nghiên cứu của nhóm Q6 thuộc Ngành viễn thông vô tuyến trong Liên minh Viễn thông Quốc tế (ITU-R). Ban đầu được phát hành theo khuyến nghị ITU-R BS.1387 năm 1998, sau đó được cập nhật lần cuối vào năm 2001.

2.4. Mô phỏng quá trình nhúng, giải nhúng và kết quả đánh giá

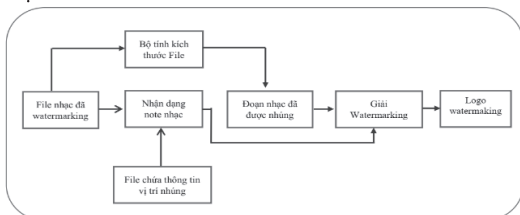
2.4.1. Mô phỏng quá trình nhúng, giải nhúng

Quá trình nhúng được thực hiện theo lược đồ hình 5.



Hình 5. Lược đồ quá trình nhúng watermark

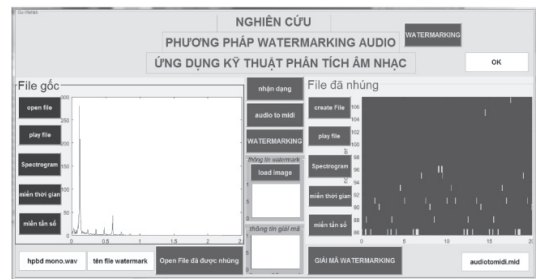
Quá trình giải nhúng được thực hiện theo lược đồ hình 6.



Hình 6. Lược đồ quá trình giải nhúng watermark

Chương trình mô phỏng “Music Watermarking Matlab” có giao diện gồm có 3 khối chức năng lớn, cùng 20 chức năng chi tiết liên kết chặt chẽ với nhau. Khối chức năng thứ nhất nằm bên tay trái màn hình nhìn vào, là khối chức năng dành cho file cần được nhúng watermark. Khối chức năng tiếp theo nằm bên tay phải màn hình nhìn vào, chứa chức năng xử lý dành cho file vừa được nhúng watermark bằng chương trình. Khối chức năng thứ ba là chức năng dành cho việc giải nhúng watermarking hay dành cho công việc lấy thông tin watermarking từ file đã được nhúng. Ngoài ra, chương trình còn có các màn hình hiển thị được đặt tại các góc nhìn cân xứng đối với khối chức năng và giúp người nghe có thể hình dung một cách dễ dàng công việc mà chương trình đang thực hiện. Hình 7, cho thấy kết quả của quá trình mô phỏng đang thực hiện trong lúc thử nghiệm.

Chương trình *Music Watermarking Matlab* đang đọc các nốt nhạc trong file gốc và đưa ra bằng thứ tự các nốt đang được chơi, đồng thời xuất file “.mid” để người nghe có thể kiểm tra được chính xác hơn. Chúng tôi mặc định file midi là “audiotomidi”.



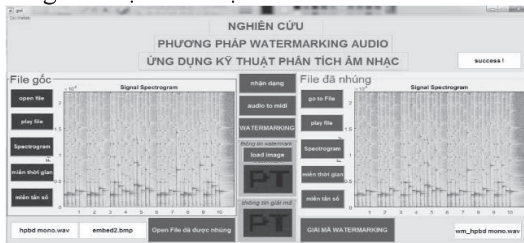
Hình 7. Chương trình Music Watermarking Matlab đang đọc các nốt nhạc trong quá trình nhận dạng

Hình 8 cho thấy hình ảnh tổng quan nhất của quá trình nhận dạng, nhúng logo watermark vào file gốc và đọc logo watermarking ra từ file vừa được nhúng. Các tín hiệu được hiển thị trên miền thời gian hoàn toàn trùng khớp với nhau, cường độ hay biên độ của tín hiệu tại từng thời điểm là như nhau.



Hình 8. Hình ảnh chương trình “Music Watermarking Matlab” đã thực hiện thành công việc nhúng và giải nhúng

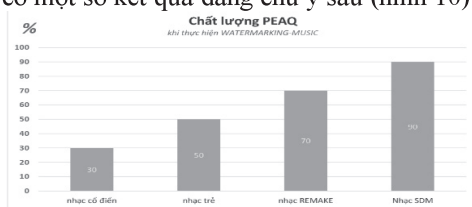
Trên miền spectrogram (hình 9), các hình ảnh cho thấy các mức tần số tại từng thời điểm và tỷ lệ giữa các vạch phổ hoàn toàn không thay đổi. Điều này đúng với quy luật hòa âm và nguyên tắc watermarking. Các kết quả thực nghiệm trùng khớp với giải thuật và nguyên lý ban đầu mà bài báo đã đề cập đến, giúp watermarking được hiểu một cách sâu sắc hơn trong lĩnh vực âm nhạc.



Hình 9. So sánh kết quả nhúng dựa trên spectrogram

2.4.2. Đánh giá kết quả mô phỏng

Qua thực nghiệm và kiểm tra đánh giá bằng cảm nhận người nghe với chương trình kiểm tra độ cảm nhận ABX plugin foobar, chúng tôi đã tiến hành đánh giá sự khác biệt giữa hai file nhạc trước và sau khi watermarking. Có thể nói là chất lượng âm thanh sau khi nhúng không bị thay đổi nhiều vì đa số người nghe không cảm nhận thấy sự khác biệt. Tuy nhiên, khi khảo sát “độ ẩn” của phương pháp watermarking với các dòng nhạc khác nhau theo tiêu chí PEAQ, chúng ta có một số kết quả đáng chú ý sau (hình 10).



Hình 10. Chất lượng PEAQ đối với watermarking từng dòng nhạc

du dương và mềm mại, các nốt nhạc thường có độ “fade-in” và “fade-out” cao, nên việc xác định note nhạc và thời điểm bắt đầu nốt nhạc khá khó khăn và không chính xác, do đó đặc tính “che” âm thanh quãng 8 cũng không được phát huy đầy đủ. Chính vì vậy, với dòng nhạc cổ điển, chỉ số PEAQ thấp nhất so với các dòng nhạc khác.

Dòng “nhạc trẻ” bao gồm các thể loại như Pop Ballad, Rnb, Acoustic... là sự lai tạo giữa dòng nhạc cổ điển với thể loại nhạc hiện đại nên các chỉ số của dòng nhạc cổ điển vẫn được giữ lại rất cao. Đa số các dòng nhạc trẻ, dù có giai điệu nhanh hay sôi động thì cách thể hiện vẫn mang phong cách lời nhẹ và duyên lấy nên chất

lượng PEAQ khi thực hiện watermarking vẫn không cao (khoảng 50%).

Nhạc Remake là sự tái tạo lại âm thanh và âm nhạc của tất cả các thể loại. Ở Việt Nam gọi là REMIX, nhạc này có đặc biệt là bất kỳ thể loại nào khi dùng nó để tái tạo lại luôn mang phong cách vui nhộn, dứt khoát trong giai điệu, bass và kick được thể hiện rất mạnh mẽ, rất nhiều giai điệu nhạc cụ chồng phôi lên nhau cùng một quãng tần số âm thanh rất rộng. Điều này thuận lợi cho việc watermarking âm nhạc theo phương pháp đề xuất, do đó chỉ số PEAQ khá cao khoảng 70%.

Đặc biệt hơn cả là dòng nhạc hiện đại Symphonic Dance Music (SDM), với sự kết hợp rất mới và lạ giữa dòng nhạc hòa tấu và thể loại Dance sôi động. Nó lai tạo giữa dòng nhạc hòa tấu có quãng tần số rất rộng, cùng với một thể loại sôi động mà không ồn ào với giai điệu nhanh, chắc và mạnh. Đồng thời, dòng nhạc này luôn có sự kết hợp giữa nhiều giai điệu hay nhiều nốt nhạc hòa âm tại mỗi thời điểm. Đó là đặc điểm giúp chúng ta thực hiện phân tích, nhận dạng nốt nhạc chính xác.

3. Kết luận

Nghiên cứu kỹ thuật watermarking tín hiệu âm nhạc dựa trên kỹ thuật nhận dạng âm thanh và đặc điểm cảm nhận âm nhạc của hệ thống thính giác cho thấy, việc kết hợp hai kỹ thuật trên cho phép đề xuất hệ thống nhúng dữ liệu có độ ẩn cao hơn so với các kỹ thuật nhúng âm nhạc truyền thống. Kỹ thuật nhúng đề xuất thực hiện trong miền tần số, các bit dữ liệu phụ (logo) được nhúng vào vị trí các quãng hòa âm (quãng 8, quãng 4, quãng 5) của các nốt nhạc trong đoạn âm thanh. Khi đó, hiệu ứng che âm thanh trong hệ thống thính giác sẽ làm giảm ảnh hưởng méo tần xảy ra trong quá trình nhúng. Vì vậy “độ ẩn” của kỹ thuật watermarking sẽ được cải thiện.

Tài liệu tham khảo

1. H. Murata, A. Ogihara, M. Iwata and A. Shiozaki (2010), “Sound quality improvement of multiple audio watermarking by using DC component”, *IEICE(A)*, vol. J93-A, no.3, pp.171-180.
2. W. N. Lie and L. C. Chang (2006), “Robust and high-quality time-domain audio watermarking based on low-frequency amplitude modification”, *IEEE Trans.on Multimedia*, vol.8, no.1, pp.46-59.
3. H. Murata, A. Ogihara, M. Iwata and M. Yoshioka (2012), “An audio watermarking method using sampled sound for polyphonic music”, *Proc.12th International*

Symposium on Communications and Information Technologies, pp.104-109.

4. H. Murata, A. Ogihara, M. Iwata and A. Shiozaki (2011), "An audio watermarking method by using sampling sound source", *Proc. The 26th International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITCCSCC2011)*, pp.922-925.

5. Phạm Công Hòa (2012), "Tìm hiểu phương pháp thủy văn số thuận nghịch và xây dựng ứng dụng", Luận văn, Trường Đại học Công nghệ.

6. Chung Năm Phong, Trần Cao Đệ (2017), *Ứng dụng phương pháp thủy văn để bảo vệ cơ sở dữ liệu điểm học tập trong trường đại học*, Kỷ yếu Hội nghị Quốc gia lần thứ X về Nghiên cứu cơ bản và ứng dụng Công nghệ thông tin (FAIR), Đà Nẵng ngày 17-18/8/2017.

RESEARCH WATERMARKING METHODS SOUND APPLICATION TECHNICAL ANALYSIS OF MUSIC

Đinh Cong Hung, Nguyen Thac Dung, Ta Huu Long, Le Dinh Manh

Telecommunications University

Abstracts: *In this paper, we propose a music signal watermarking model based on audio recognition technology and musical perception characteristics of the auditory system. The paper presents methods to embed hydrography into sound signals. Thereby improving and proposing embedded methods have a high level of "hidden" as well as "sustainability". The simulation results in the paper will be used to evaluate the optimum of the method based on the "Hide" and "Sustainability" of watermark.*

Keywords: *Technical watermarking sound; watermarking technique of music*