**TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI**

**ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP**

**Xây dựng mô hình chuyển đổi giọng nói trong tổng hợp tiếng nói Tiếng Việt dựa trên công nghệ học sâu**

**PHAN TRUNG KIÊN**

kien.pt166322@sis.hust.edu.vn

**Ngành Cử nhân Công nghê thông tin**

|  |  |
| --- | --- |
| **Giảng viên hướng dẫn:** | PGS. TS. Đỗ Phan Thuận  Chữ ký của GVHD |
| **Bộ môn:** | Khoa học Máy tính |
| **Viện:** | Công nghệ thông tin và truyền thông |

**HÀ NỘI, 6/2020**

**ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP**

Biểu mẫu của Đề tài/khóa luận tốt nghiệp theo qui định của viện, tuy nhiên cần đảm bảo giáo viên giao đề tài ký và ghi rõ họ và tên.

Trường hợp có 2 giáo viên hướng dẫn thì sẽ cùng ký tên.

Giáo viên hướng dẫn

Ký và ghi rõ họ tên

**Lời cảm ơn**

Đây là mục tùy chọn, nên viết phần cảm ơn ngắn gọn, tránh dùng các từ sáo rỗng, giới hạn trong khoảng 100-150 từ.

**Tóm tắt nội dung đồ án**

Tóm tắt nội dung của đồ án tốt nghiệp trong khoảng tối đa 300 chữ. Phần tóm tắt cần nêu được các ý: vấn đề cần thực hiện; phương pháp thực hiện; công cụ sử dụng (phần mềm, phần cứng…); kết quả của đồ án có phù hợp với các vấn đề đã đặt ra hay không; tính thực tế của đồ án, định hướng phát triển mở rộng của đồ án (nếu có); các kiến thức và kỹ năng mà sinh viên đã đạt được.

(Đối với luận văn thạc sĩ, phần tóm tắt được in trong một bản nộp riêng)

Sinh viên thực hiện

Ký và ghi rõ họ tên

**MỤC LỤC**

[CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ TỔNG HỢP TIẾNG NÓI VÀ CHUYỂN ĐỔI GIỌNG NÓI 1](#_Toc42720343)

[1.1 Giới thiệu về tổng hợp tiếng nói 1](#_Toc42720344)

[1.1.1 Định nghĩa và quá trình phát triển tổng hợp tiếng nói 1](#_Toc42720345)

[1.1.2 Ứng dụng của tổng hợp tiếng nói 1](#_Toc42720346)

[1.1.3 Thành phần của tổng hợp tiếng nói 1](#_Toc42720347)

[1.2 Các phương pháp tổng hợp tiếng nói 2](#_Toc42720348)

[1.2.1 Tổng hợp mô phỏng hệ thống phát âm 2](#_Toc42720349)

[1.2.2 Tổng hợp tần số formant 2](#_Toc42720350)

[1.2.3 Tổng hợp ghép nối 3](#_Toc42720351)

[1.2.4 Tổng hợp dùng tham số thống kê 3](#_Toc42720352)

[1.2.5 Tổng hợp bằng phương pháp lai ghép 3](#_Toc42720353)

[1.2.6 Tổng hợp tiếng nói dựa trên phương pháp học sâu (DNN) 3](#_Toc42720354)

[1.3 Giới thiệu về chuyển đổi giọng nói 3](#_Toc42720355)

[1.4 Tình hình phát triển và các vấn đề với tổng hợp tiếng nói tiếng Việt 3](#_Toc42720356)

[CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT 5](#_Toc42720357)

[2.1 Tổng quan về học sâu 5](#_Toc42720358)

[2.1.1 Mạng nơ ron nhân tạo 5](#_Toc42720359)

[2.1.2 Logistic regression 5](#_Toc42720360)

[2.1.3 Mạng nơ ron học sâu 5](#_Toc42720361)

[2.2 Tổng hợp tiếng nói dựa trên công nghệ học sâu 6](#_Toc42720362)

[2.2.1 Trích chọn đặc trưng ngôn ngữ 6](#_Toc42720363)

[2.2.2 Mô hình âm học dựa trên mạng nơ ron học sâu 6](#_Toc42720364)

[2.2.3 Vocoder 6](#_Toc42720365)

[2.3 Chuyển đổi giọng nói dựa trên công nghệ học sâu 7](#_Toc42720366)

[CHƯƠNG 3. PHƯƠNG PHÁP ĐỀ XUẤT CHUYỂN ĐỔI GIỌNG NÓI TIẾNG VIỆT 8](#_Toc42720367)

[3.1 Mô hình cho quá trình tổng hợp tiếng nói 8](#_Toc42720368)

[3.2 Sử dụng phương pháp Transfer Learning 8](#_Toc42720369)

[3.2.1 Sử dụng mô hình gốc một người nói 8](#_Toc42720370)

[3.2.2 Sử dụng mô hình gốc nhiều người nói 8](#_Toc42720371)

[3.3 Sử dụng vec-tơ định danh người nói 8](#_Toc42720372)

[3.3.1 One-hot encoding 8](#_Toc42720373)

[3.3.2 X-vector 8](#_Toc42720374)

[CHƯƠNG 4. THỬ NGHIỆM VÀ VÀ ĐÁNH GIÁ 9](#_Toc42720375)

[4.1 Dữ liệu 9](#_Toc42720376)

[4.1.1 Chuẩn bị 9](#_Toc42720377)

[4.1.2 Phân phối bộ dữ liệu 9](#_Toc42720378)

[CHƯƠNG 5. KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN ĐỒ ÁN 10](#_Toc42720379)

[TÀI LIỆU THAM KHẢO 11](#_Toc42720380)

[PHỤ LỤC 12](#_Toc42720381)

**DANH MỤC HÌNH VẼ**

[Hình 2.1 Đồ thị kiểu bánh 19](#_Toc20580104)

[Hình 2.2 Đồ thị kiểu thanh ngang 19](#_Toc20580105)

[Hình 2.3 Đồ thị kiểu cột đứng 20](#_Toc20580106)

[Hình 2.4 Đồ thị kiểu đường 20](#_Toc20580107)

[Hình 2.5 Đồ thị kiểu diện tích 21](#_Toc20580108)

**DANH MỤC HÌNH VẼ**

[Bảng 1.1 Thống kê các thiết bị và giá thành 8](#_Toc20580109)

# TỔNG QUAN VỀ TỔNG HỢP TIẾNG NÓI VÀ CHUYỂN ĐỔI GIỌNG NÓI

## Giới thiệu về tổng hợp tiếng nói

### Định nghĩa và quá trình phát triển tổng hợp tiếng nói

Tổng hợp tiếng nói là quá trình tạo ra tiếng nói của con người từ văn bản hoặc các mã hóa việc phát âm. Ở thời điểm hiện tại, khi nhắc đến hệ thống tổng hợp tiếng nói, đa số ám chỉ hệ thống chuyển văn bản thành giọng nói (text-to-speech).

Từ lâu trước khi các kỹ thuật xử lý tín hiệu điện tử được phát minh, các nhà nghiên cứu giọng nói đã cố gắng xây dựng các máy móc bắt chước giọng nói của người [1]. Các hệ thống đầu tiên ra đời vào cuối thế kỷ XVIII đầu thế kỷ XIX là các máy cơ học mô phỏng thanh quản con người. Vào đầu thế kỷ XX, sự ra đời của các hệ thống điện đã mang lại một sự thay đổi lớn trong các thiết bị tổng hợp tiếng nói ví dụ như máy VOCODER của phòng thí nghiệm Bell (1930) [2], phiên bản cải tiến VODER của Homer Dudley (1939) [3]. Từ đó đến nay, công nghệ tổng hợp tiếng nói đã có những bước tiến bộ vượt bậc, chất lượng giọng nói tổng hợp ngày càng có độ tự nhiên và dễ nghe, bên cạnh đó các ứng dụng của nó cũng được áp dụng rộng rãi.

### Ứng dụng của tổng hợp tiếng nói

### Thành phần của tổng hợp tiếng nói

Hiện nay, đa số các hệ thống tổng hợp tiếng nói đều bao gồm hai thành phần chính: phần xử lý ngôn ngữ tự nhiên và phần xử lý tổng hợp tiếng nói [\*]. Phần xử lý ngôn ngữ tự nhiên có nhiệm vụ chuẩn hóa, xứ lý các văn bản đầu vào thành các thành phần có thể phát âm được. Phần xử lý tổng hợp tiếng nói có nhiệm vụ tạo ra tín hiệu tiếng nói từ các thành phần phát âm được nêu trên [\*]. Hình 1 mô tả một hệ thống tổng hợp tiếng nói gồm hai thành phần trên.

#### Xử lý ngôn ngữ tự nhiên trong tổng hợp tiếng nói

Trong một hệ thống tổng hợp tiếng nói, khối xử lý ngôn ngữ tự nhiên phát sinh các thông tin về ngữ âm và ngữ điệu cho việc đọc văn bản đầu vào. Thông tin ngữ âm cho biết những âm nào sẽ được phát ra, trong ngữ cảnh cụ thể nào, thông tin ngữ điệu mô tả điệu tính của các âm được phát [\*]. Quá trình xử lý ngôn ngữ tự nhiên thường bao gồm 3 bước:

* Xử lý và chuẩn hóa văn bản (Text Processing)
* Phân tích cách phát âm (Chuyển đổi hình vị sang âm vị - Grapheme to phoneme).
* Phát sinh các thông tin ngôn điệu, ngữ âm cho văn bản (Prosody modeling).

Chuẩn hóa văn bản là quá trình chuyển đổi văn bản thô ban đầu thành một văn bản dạng chuẩn, có thể đọc được một cách dễ dàng, ví dụ như chuyển đổi các số, từ viết tắt, ký tự đặc biệt,... thành dạng viết đầy đủ và chính xác.

Phân tích cách phát âm là quá trình xác định cách phát âm chính xác cho từng từ trong văn bản, quá trình này còn được gọi là chuyển đổi văn bản sang chuỗi âm vị. Có hai cách cơ bản để xác định cách cho văn bản, cách thứ nhất và cũng là cách đơn giản hơn đó là dựa vào từ điển, sử dụng một từ điển có chứa tất cả các từ của một ngôn ngữ và chưa cách phát âm đúng tương ứng cho mỗi từ. Việc xác định cách phát âm cho văn bản chỉ đơn giản là tra từ điển và thay thế đoạn văn bản bằng chuỗi âm vị đã lưu trong từ điển. Ưu điểm của cách này đó là tốc độ nhanh và tính chính xác, nhưng nhược điểm đó là yêu cầu lượng từ vựng lưu trữ lớn và không hoạt động trong trường hợp từ không có trong từ điểm. Cách thứ hai là dựa trên các quy tắc và sử dụng quy tắc để để tìm ra cách phát âm tương ứng. Cách này phù hợp với mọi văn bản nhưng độ phức tạp có thể tăng cao nếu ngôn ngữ có nhiều trường hợp bất quy tắc.

#### Xử lý tổng hợp tín hiệu tiếng nói

Khối xử lý tổng hợp tính hiệu tiếng nói đảm nhiệm việc tạo ra tín hiệu tiếng nói từ các thông tin ngữ âm và ngữ điệu do khối phân tích xử lý ngôn ngữ tự nhiên cung cấp.

Chất lượng tiếng nói tổng hợp được đánh giá thông qua hai khía cạnh: mức độ dễ hiểu nội dung và mức độ tự nhiên. Mức độ dễ hiểu đè cập đến nội dung của tiếng nói tổng hợp có thể hiểu được dễ dàng hay không. Mức độ tự nhiên của tiếng nói tổng hợp là sự so sánh độ giống nhau giữa giọng nói tổng hợp và giọng nói tự nhiên của con người.

Một hệ thống tổng hợp tiếng nói lý tưởng cần phải vừa dễ hiểu vừa tự nhiên và mục tiêu xây dựng hệ thống tổng hợp tiếng nói là cải thiện đến mức tối đá hai tính chất này. [\*]

## Các phương pháp tổng hợp tiếng nói

### Tổng hợp mô phỏng hệ thống phát âm

Tổng hợp mô phỏng hệ thống phát âm là các kỹ thuật tổng hợp giọng nói dựa trên mô hình máy tính mô phỏng cơ quan phát âm của con người và các quá trình phát âm tại đó. Về mặt lý thuyết, đây được xem là phương pháp cơ bản nhất để tổng hợp tiếng nói, nhưng cũng vì thế mà phương pháp này khó thực hiện và tính toán nhất, do đó khó có thể tổng hợp được tiếng nói chất lượng cao [\*]. Tổng hợp mô phỏng phát âm đã từng chỉ là hệ thống dành cho nghiên cứu khoa học cho mãi đến những năm gần đây. Lý do là rất ít mô hình tạo ra âm thanh chất lượng đủ cao hoặc có thể chạy hiệu quả trên các ứng dụng thương mại. Một ngoại lệ là hệ thống dựa trên NeXT; vốn được phát triển và thương mại hóa bởi Trillium Sound Research Inc, ở Calgary, Alberta, Canada.

### Tổng hợp tần số formant

Tổng hợp tần số formant, hay còn đưọc gọi là tổng hợp formant, là kỹ thuật tổng hợp tiếng nói âm học cơ bản nhất, sử dụng lý thuyết mô hình nguồn lọc để tạo tiếng nói. Mô hình này mô phỏng hiện tượng cộng hưởng của các cơ quan phát âm bằng một tập các bộ lọc. Các bộ lọc này còn được gọi là các bộ cộng hưởng formant, chúng có thể được kết hợp song song hoặc nối tiếp với nhau hoặc kết hợp cả hai. Phương pháp tổng hợp formant không phải sử dụng trực tiếp mẫu giọng thật nào khi thực hiện tổng hợp tiếng nói. Thay vào đó, tín hiệu âm thanh được tổng hợp dựa trên một mô hình tuyến âm (vocal tract). Tuy nhiên, phương pháp phân tích tổng hợp vẫn cần mẫu giọng thật ở bước phân tích để có thể trích rút được các đặc trưng formant, trường độ hay năng lượng tiếng nói.

Hệ thống tổng hợp tiếng nói dựa trên phương pháp tổng hợp tần số formant có những ưu điểm, nhược điểm có thể kể đến như: Nhược điểm của hệ thống này là tạo ra giọng nói không tự nhiên, nghe cảm giác rất phân biệt với giọng người thật và phụ thuộc nhiều vào chất lượng của quá trình phân tích tiếng nói của từng ngôn ngữ. Tuy nhiên độ tự nhiên cao không phải lúc nào cũng là mục đích của hệ thống và hệ thống này cũng có các ưu điểm riêng của nó, hệ thống này khá dễ nghe, không có tiếng cọ sát do ghép âm tạo ra, các hệ thống này cũng nhỏ gọn vì không chứa cơ sở dữ liệu mẫu âm thanh lớn.

### Tổng hợp ghép nối

Tổng hợp ghép nối là phương pháp tổng hợp tiếng nói bằng cách ghép vào nhau các đoạn tín hiệu tiếng nói của một giọng nói đã được ghi âm. Các giọng nói sau khi được ghi âm sẽ được chia thành các câu, các câu sẽ chia thành các đơn vị âm. Các đơn vị âm phổ biến là âm vị, âm tiết, bán âm tiết, âm đôi, âm ba, từ, cụm từ. Trong quá trình chạy, hệ thống tổng hợp ghép nối sẽ sắp xếp và nối các đơn vị âm đã có để thu được đoạn tiếng nói yêu cầu. Do đặc tính tự nhiên của tiếng nói được lưu trữ trong các đơn vị âm, nên tổng hợp ghép nối là phương pháp có khả năng tổng hợp được giọng nói với độ dễ hiểu và độ tự nhiên cao. . Tuy nhiên, sự gián đoạn tại các điểm ghép nối có thể khiến cho âm thanh biến dạng, mặc dù đã sử dụng biện pháp và thuật toán làm trơn tín hiệu tại chỗ ghép nối. Bên cạnh đó, tập hợp các đơn vị luôn bị hạn chết về số lượng cũng như nội dung, điều này dẫn đến tiếng nói tổng hợp nghe thô rát. Ngoài ra, để có thể lưu trữ được tất cả các đơn vị âm cần thiết cho một lượng đủ lớn các giọng người nói khác nhau, với nhiều ngữ cảnh và đặc trưng trạng thái, thì cần phải có một không gian rất lớn và tốc độ tính toán, truy vấn của hệ thống mạnh, do đó điều này là không kinh tế.

### Tổng hợp dùng tham số thống kê

### Tổng hợp bằng phương pháp lai ghép

### Tổng hợp tiếng nói dựa trên phương pháp học sâu (DNN)

## Giới thiệu về chuyển đổi giọng nói

Cùng với sự phát triển của các kỹ thuật tổng hợp tiếng nói trong những năm gần đây, yêu cầu về chất lượng của hệ thống tổng hợp tiếng nói cũng ngày càng nâng cao. Bên cạnh độ tự nhiên, hệ thống tổng hợp tiếng nói cũng được kỳ vọng sẽ có khả năng tạo ra giọng nói của người nói tùy ý với dữ liệu đào tạo tối thiểu. Để đáp ứng vấn đề đó, thích ứng người nói và chuyển đổi giọng nói đã trở thành các hướng nghiên cứu chính trong lĩnh vực tổng hợp tiếng nói [\*]

## Tình hình phát triển và các vấn đề với tổng hợp tiếng nói tiếng Việt

# CƠ SỞ LÝ THUYẾT

## Tổng quan về học sâu

Học sâu là một nhánh của lĩnh vực học máy, dựa trên một tập hợp các thuật toán để cố gắng mô hình dữ liệu trừu tượng hóa ở mức cao bằng cách sử dụng nhiều lớp xử lý với cấu trúc phức tạp, hoặc bằng cách khác bao gồm nhiều biến đổi phi tuyến. Chương này sẽ chủ yếu trình bày kiến thức cơ bản về kỹ thuật học sâu và ứng dụng của nói trong bài toán tổng hợp tiếng nói cũng như chuyển đổi giọng nói.

Neural là tính từ của neuron (nơ-ron), network chỉ cấu trúc đồ thị nên neural network (NN) là một hệ thống tính toán lấy cảm hứng từ sự hoạt động của các nơ-ron trong hệ thần kinh.

### Mạng nơ ron nhân tạo

Mạng nơ ron nhân tạo (ANN) là một mô hình toán học hay mô hình tính toán được xây dựng mô phỏng theo các mạng nơ ron sinh học. ANN bao gồm các đơn vị (hay nút) được kết nối gọi là nơ ron nhân tạo. Mỗi kết nối, giống như các khớp thần kinh trong bộ não, có thể truyền tín hiệu đến các tế bào thần kinh khác. Mỗi nơ ron nhân tạo nhận tín hiệu sau đó xử lý và nó có thể báo hiệu các nơ ron được kết nối với nó. Trong ANN, tín hiệu tại một kết nối là một số thực và đầu ra của mỗi nơ ron được tính bằng một số hàm phi tuyến tính của các tổng đầu vào (input) của nó. Những kết nối được gọi là cạnh (edge). Các nơ ron và cạnh thường có trọng số (weight) được điều chỉnh trong quá trình học. Trọng số làm tăng hoặc giảm cường độ tín hiệu tại mỗi kết nối. Các nơ ron có thể có một ngưỡng sao cho tín hiệu chỉ được gửi nếu tín hiệu tổng hợp vượt qua ngưỡng đó. Thông thường các nơ ron được tổng hợp thành các lớp (layer). Các lớp khác nhau có thể thực hiện các biến đổi khác nhau trên đầu vào của chúng. Tín hiệu truyền từ lớp đầu tiên (input layer) đến lớp cuối cùng (output layer) sau khi đã đi qua các lớp nhiều lần.

Mục tiêu ban đầu của ANN là giải quyết các vấn đề tương tự như bộ não của con người. Nhưng theo thời gian, sự chú ý chuyển sang thực hiện các nhiệm vụ cụ thể, dẫn đến sự sai lệch so với bộ não sinh học. ANN đã được sử dụng cho nhiều nhiệm vụ khác nhau bao gồm thị giác máy tính, xử lý ngôn ngữ tự nhiên, nhận dạng tiếng nói, tổng hợp tiếng nói, chuẩn đoán y tế, ...

### Logistic regression

##### Logistic regression là mô hình neural network đơn giản nhất chỉ với input layer và output layer.

Mô hình của logistic regression là:

Trong đó w là hệ số cần tối ưu và x là dữ liệu đầu vào, b là bias.

θ là hàm kích hoạt (activation functoion). Có nhiều hàm kích hoạt thường được sử dụng như là hàm sigmoid, hàm tanh, hàm ReLU, ...

### Mạng nơ ron học sâu

Mạng nơ ron học sâu (DNN-Deep neural Network) là một mạng nơ ron nhân tạo (ANN) với nhiều đơn vị lớp ẩn giữa lớp đầu vào và đầu ra.

## Tổng hợp tiếng nói dựa trên công nghệ học sâu

Mô hình âm học dựa trên mô hình Markov ẩn (HMM) và mô hình GMM là hai loại phổ biến nhất được sử dụng trong quá trình tạo tín hiệu tiếng nói từ chuỗi kỹ tự đầu vào (thường là chuỗi âm vị) thông qua việc tạo trực tiếp các đặc trưng âm học của tiếng nói [\*]. Tuy nhiên những mô hình kiểu này có những giới hạn trong việc biểu diễn mối quan hệ phức tạp và phi tuyến giữa chuỗi ký tự đầy vào và các đặc trưng âm học [\*]. Với sự phát triển của công nghệ học sâu, các mạng nơ ron học sâu (DNN) ngày càng được sử dụng rộng rãi và cho thấy ưu điểm so với các phương pháp thông thường (như HMM hoặc GMM). Hình \*\* mô tả một kiến trúc cơ bản của hệ thống tổng hợp tiếng nói dựa trên phương pháp học sâu.

Có thể thấy rằng

### Trích chọn đặc trưng ngôn ngữ

### Mô hình âm học dựa trên mạng nơ ron học sâu

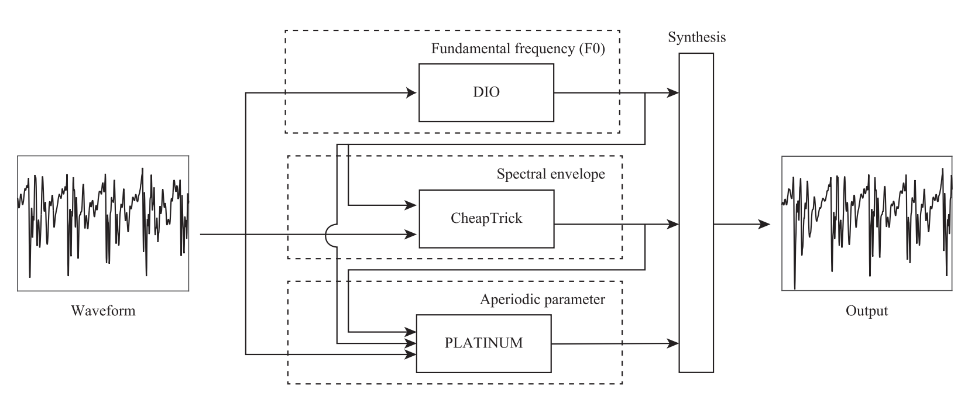
### Vocoder

Vocoder (viết tắt của voice encoder) là một hệ thống hệ thống phân tích và tổng hợp tín hiệu tiếng nói của con người. Trong tổng hợp tiếng nói dựa trên mạng nơ ron học sâu, vocoder được sử dụng trong hai quá trình: huấn luyện mô hình và tổng hợp tiếng nói. Trong quá trình huấn luyện mô hình, vocoder được sử dụng để phân tích dữ liệu âm thanh thành các đặc trưng âm học (chẳng hạn như phổ, tần số cơ bản, cepstra, ...), các đặc trưng này được sử dụng để huấn luyện mạng nơ ron học sâu. Trong quá trình tổng hợp, các đặc trưng âm học của tiếng nói được tạo ra bởi mạng nơ ron học sâu sẽ là đầu vào cho vocoder để tạo thành tín hiêu tiếng nói.

Qua quá trình phát triển, nhiều loại vocoder đã được phát minh nhằm cải thiện chất lượng phân tích và tổng hợp tiếng nói, tiêu biểu như STRAIGHT vocoder [\*], WORLD vocoder [\*], Magphase vocoder [\*]. Trong phần này sẽ chỉ trình bày về WORLD vocoder, vocoder được sử dụng trong mô hình tổng hợp tiếng nói của đồ án này.

Như đã nói ở trên, WORLD vocoder được sử dụng để trích chọn các đặc trưng âm học và tổng hợp tiếng nói từ những đặc trưng này. Các đặc trưng âm học mà WORLD vocoder trích chọn bao gồm: đường bao phổ của tín hiệu, các thành phần không tuần hoàn (aperiodicities) và tần số cơ bản F0. Trong đó tần số cơ bản F0 được ước lượng bằng phương pháp DIO [\*], đường bao phổ được ước lượng bởi phương pháp CheapTrick [\*] và tín hiệu kích thích được ước lượng bởi phương pháp PLATINUM [\*] và được sử dụng như tham số không tuần. Hình \*\* mô tả quá trình xử lý của WORLD vocoder trong hai giai đoạn phân tích và tổng hợp tín hiệu tiếng nói.

Tần số cơ bản, hay là tần số âm cơ bản, là tần số thấp nhất của dạng sóng tuần hoàn. Phương pháp DIO ước lượng tần số cơ bản F0 bằng ba bước:



Hình 2.1 - Tổng quan về hệ thống WORLD vocoder [\*]

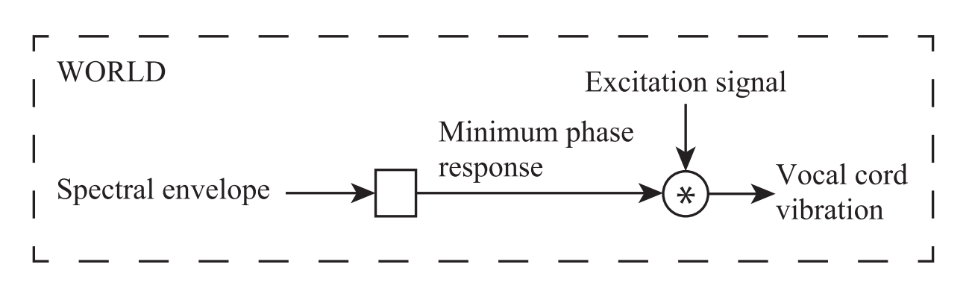
* Sử dụng các bộ lọc thông thấp với các tần số cắt khác nhau để lọc tín hiệu, nếu tín hiệu được lọc nào có chứa thành phần tần số cơ bản thì nó sẽ có dạng hình sin với chu kỳ T0. Bởi vì chưa biết F0, nên ta sử dụng nhiều bộ lọc với các tần số cắt khác nhau.
* Tìm các ứng viên cho tần số cơ bản F0 và độ tin cậy của nó trong mỗi tín hiệu được lọc.
* Chọn ra ứng viên nào có độ tin cậy cao nhất làm F0.

WORLD ước lượng đường bao phổ bằng phương pháp CheapTrick, dựa trên ý tưởng việc phân tích đồng bộ cao độ và sử dụng một cửa sổ hanning (hanning window) với độ dài 3T0. Các bước để ước lượng đường bao theo phổ theo phương pháp CheapTrick như sau: Năng lượng phổ được tính trên cơ sở mỗi khung tín hiệu được lấy bởi cửa số hanning nêu trên. Tổng năng lượng trong một khung tín hiệu được coi là tạm thời ổn định và được tính dựa theo công thực sau:

Trong đó là tín hiệu và là hàm cửa sổ. Sau khi tính được năng lượng phổ nêu trên, chúng được làm mịn với một cửa sổ chữ nhật có độ dài , như sau:

Và cuối cùng, đường bao phổ …

Sau khi đã có được thông tin đặc trưng cần thiết, âm thanh tổng hợp được tính bằng cách nhân chập tín hiệu kích thích và đáp ứng pha tối thiểu, điều này được minh họa trong hình \*\*



Hình 2.2 Tổng hợp tiếng nói với WORLD vocoder

## Chuyển đổi giọng nói dựa trên công nghệ học sâu

# PHƯƠNG PHÁP ĐỀ XUẤT CHUYỂN ĐỔI GIỌNG NÓI TIẾNG VIỆT

## Mô hình cho quá trình tổng hợp tiếng nói

### Tổng quan mô hình

### Mô đun trích chọn đặc trưng ngôn ngữ

### Mô đun tạo tham số đặc trưng âm học

#### Duration model

#### Acoustic model

### Mô đun tổng hợp tiếng nói từ đặc trưng âm học

## Sử dụng phương pháp Transfer Learning

### Sử dụng mô hình gốc một người nói

### Sử dụng mô hình gốc nhiều người nói

## Sử dụng vec-tơ định danh người nói

### One-hot encoding

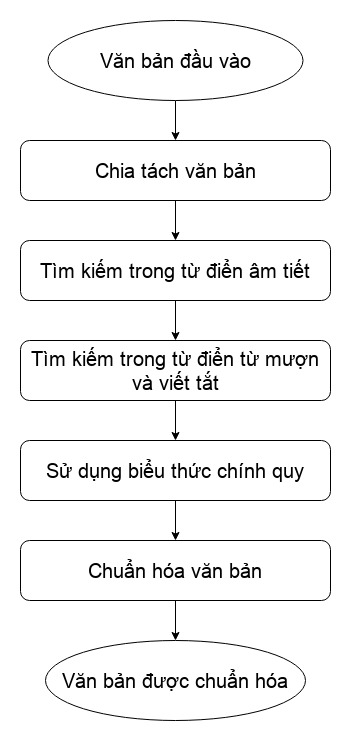
### X-vector

# THỬ NGHIỆM VÀ VÀ ĐÁNH GIÁ

## Dữ liệu

### Chuẩn hóa văn bản

Quá trình chuẩn hóa văn bản đầu vào có nhiệm vụ chính là làm cho văn bản đầu vào có thể đọc được một cách rõ ràng, nhất quán, chuẩn hóa các thành phần không chuẩn như từ mượn, từ viết tắt, số, ngày tháng, ... Các bước chuẩn hóa văn bản được thể hiện trong hình \*\*.

Trong đó:

* Văn bản đầu vào sẽ được phân tách thành các các thành phần dựa theo khoảng trắng, từng thành phần này được tìm kiếm trong từ điểm âm tiết, nếu có trong từ điển thì nó là thành phần có thể đọc được, nếu không có sẽ tiếp tục được tìm kiếm trong từ điển từ mượn, từ viết tắt
* Những thành phần không có trong từ điển âm tiết được tìm kiếm ở trong từ điển viết tắt, nếu được tìm thấy thì thành phần này sẽ được chuyển thành một chuỗi các từ chuẩn theo từ điển âm tiết, nếu không tìm thấy sẽ được chuyển sang bước tiếp theo.
* Áp dụng biểu thức chính quy:

### Phân phối bộ dữ liệu

# KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN ĐỒ ÁN

# TÀI LIỆU THAM KHẢO

# PHỤ LỤC

1. **Chi tiết số liệu thí nghiệm**

Trình phụ lục tại đây (nếu có). Trình phụ lục tại đây (nếu có). Trình phụ lục tại đây (nếu có). Trình phụ lục tại đây (nếu có). Trình phụ lục tại đây (nếu có). Trình phụ lục tại đây (nếu có). Trình phụ lục tại đây (nếu có). Trình phụ lục tại đây (nếu có). Trình phụ lục tại đây (nếu có). Trình phụ lục tại đây (nếu có). Trình phụ lục tại đây (nếu có). Trình phụ lục tại đây (nếu có).

1. **Chi tiết các bước tính toán**

Trình phụ lục tại đây (nếu có). Trình phụ lục tại đây (nếu có). Trình phụ lục tại đây (nếu có). Trình phụ lục tại đây (nếu có). Trình phụ lục tại đây (nếu có). Trình phụ lục tại đây (nếu có). Trình phụ lục tại đây (nếu có). Trình phụ lục tại đây (nếu có). Trình phụ lục tại đây (nếu có). Trình phụ lục tại đây (nếu có). Trình phụ lục tại đây (nếu có). Trình phụ lục tại đây (nếu có).

1. **Chi tiết sơ đồ mô phỏng**

Trình phụ lục tại đây (nếu có). Trình phụ lục tại đây (nếu có). Trình phụ lục tại đây (nếu có). Trình phụ lục tại đây (nếu có). Trình phụ lục tại đây (nếu có). Trình phụ lục tại đây (nếu có). Trình phụ lục tại đây (nếu có). Trình phụ lục tại đây (nếu có). Trình phụ lục tại đây (nếu có).