



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0025966

(51)⁷ H03M 7/00

(13) B

(21) 1-2017-02396

(22) 26/06/2017

(45) 26/10/2020 391

(43) 25/01/2018 358A

(73) Tập đoàn Viễn thông Quân Đội (VN)

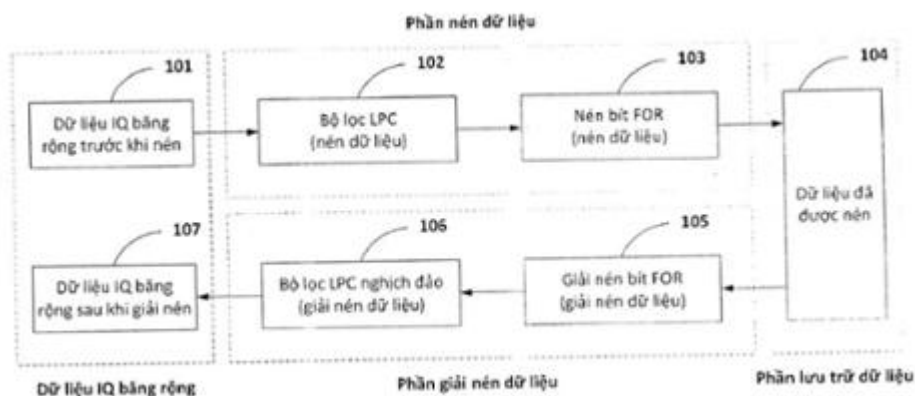
Số 1 đường Trần Hữu Dực, phường Mỹ Đình 2, quận Nam Từ Liêm, thành phố Hà Nội

(72) ĐỖ VĂN LỘNG (VN); PHAN TRUNG KIÊN (VN); NGUYỄN HOÀNG ANH (VN); NGUYỄN HOÀNG LINH (VN).

(74) Công ty TNHH Tư vấn Quốc Dân (NACI CO., LTD)

(54) HỆ THỐNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NÉN VÀ GIẢI NÉN DỮ LIỆU TÍN HIỆU PHỨC (IQ) BĂNG RỘNG

(57) Sáng chế đề cập đến hệ thống và phương pháp nén và giải nén dữ liệu tín hiệu phức (IQ) băng rộng không mất dữ liệu. Cụ thể, sáng chế được ứng dụng trong lĩnh vực giám sát phổ tần số tín hiệu. Sáng chế dựa trên sự kết hợp hiệu quả giữa phương pháp mã hóa dự đoán tuyến tính (LPC: Linear Predictive Coding) và phương pháp hệ quy chiếu (FOR: Frame of Reference) dựa trên đặc tính phổ tần số của tín hiệu IQ băng rộng. Hệ thống nén và giải nén dữ liệu IQ băng rộng bao gồm các khối: khối nhận dữ liệu IQ băng rộng trước khi nén, khối ước lượng sai số bằng bộ lọc dự đoán tuyến tính LPC, khối nén bit bằng phương pháp hệ quy chiếu FOR, khối lưu trữ dữ liệu nén, khối giải nén bit bằng phương pháp hệ quy chiếu FOR, khối giải nén dữ liệu bằng bộ lọc dự đoán tuyến tính LPC nghịch đảo, và khối truyền dữ liệu IQ băng rộng sau khi giải nén. Phương pháp nén và giải nén dữ liệu IQ băng rộng bao gồm các bước: bước 1: ước lượng sai số bằng bộ lọc dự đoán tuyến tính LPC; bước 2: nén bit bằng phương pháp hệ quy chiếu FOR; bước 3: lưu trữ dữ liệu đã được nén; bước 4: giải nén bit bằng phương pháp hệ quy chiếu FOR; bước 5: khôi phục dữ liệu IQ băng rộng bằng bộ lọc LPC nghịch đảo. Hệ thống và phương pháp nén và giải nén dữ liệu IQ băng rộng đề xuất trong sáng chế này đơn giản hơn và cho hiệu suất nén tốt hơn so với những phương pháp truyền thống.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến hệ thống và phương pháp nén và giải nén dữ liệu tín hiệu phức (IQ: in-phase/quadrature) băng rộng không mất dữ liệu. Cụ thể, sáng chế được ứng dụng trong lĩnh vực giám sát phổ tần số tín hiệu. Sáng chế dựa trên sự kết hợp hiệu quả giữa phương pháp mã hóa dự đoán tuyến tính (LPC: Linear Predictive Coding) và phương pháp hệ quy chiếu (FOR: Frame of Reference) dựa trên đặc tính phổ tần số của tín hiệu IQ băng rộng.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Hiện nay, trong các ứng dụng về giám sát phổ tín hiệu, tín hiệu thu được từ ăng ten thường được chuyển thành tín hiệu phức băng rộng (hay tín hiệu IQ băng rộng). Tín hiệu phức này gồm hai phần: phần thực (In-phase) và phần ảo (Quadrature). Thông thường, dữ liệu IQ băng rộng thu được sẽ có băng thông lớn (khoảng 40MHz đến 500MHz). Dữ liệu IQ băng rộng này thường được lưu trữ trong bộ nhớ để có thể đọc ra khi có yêu cầu. Việc nén và giải nén dữ liệu IQ băng rộng có ý nghĩa quan trọng trong việc giảm dung lượng cũng như tăng tốc độ lưu dữ liệu vào bộ nhớ.

Dữ liệu IQ là dữ liệu phức được biểu diễn bởi hai thành phần: phần thực và phần ảo; dữ liệu IQ băng rộng là dữ liệu IQ được lấy mẫu ở tốc độ cao (do đó có băng thông lớn), trong đó một dữ liệu IQ băng rộng có thể chứa thông tin của nhiều dữ liệu băng hẹp ở các tần số khác nhau nằm trong băng thông xử lý.

Trong thực tế có rất nhiều phương pháp nén dữ liệu như Huffman, Arithmetic, LZ77, LZW, LZMA, BZIP2. Các phương pháp nén dữ liệu truyền thống này khó có thể áp dụng để nén dữ liệu IQ băng rộng do chúng được thiết kế để nén nhiều loại dữ liệu khác nhau (general-purpose data compression). Các phương pháp này thường cho hiệu suất nén thấp hoặc độ phức tạp cao khi áp dụng vào nén dữ liệu IQ băng rộng.

Ví dụ, phương pháp như Huffman hay Arithmetic yêu cầu biết trước xác suất xuất hiện của các ký tự. Trong dữ liệu IQ băng rộng, thông tin này không biết trước. Do đó, hiệu suất nén của hai phương pháp này không cao. Hai phương pháp khác là LZ77 và LZW cũng cho hiệu suất nén thấp. Các phương pháp cho hiệu suất nén khá cao như LZMA và BZIP2 thì quá phức tạp và yêu cầu nhiều thời gian để nén và giải nén dữ liệu.

Trong quá trình phân tích phổ tần số của tín hiệu IQ băng rộng, nhóm tác giả nhận thấy đặc tính phổ tần số của tín hiệu IQ băng rộng có nhiều điểm tương đồng với đặc tính phổ tần số của tín hiệu âm thanh. Do đó, nhóm tác giả đã đề xuất một hệ thống và phương pháp nén dữ liệu IQ băng rộng mới dựa trên sự kết hợp của phương pháp dự đoán tuyến tính (Linear Predictive Coding hay viết tắt là LPC) và phương pháp hệ quy chiếu (Frame Of Reference hay viết tắt là FOR). Hệ thống và phương pháp nén dữ liệu IQ băng rộng đề xuất trong sáng chế này đơn giản nhưng cho hiệu năng cao hơn các phương pháp nén dữ liệu truyền thống. Cụ thể, sáng chế cho hiệu suất nén cao hơn rất nhiều so với các phương pháp Huffman, Arithmetic, LZ77, LZW, cho hiệu suất tương đương hoặc cao hơn so với các phương pháp nén LZMA, BZIP2 với độ phức tạp thấp hơn nhiều. Hơn nữa, cấu trúc dữ liệu nén đơn giản nên thời gian nén và giải nén cũng giảm đáng kể so với các phương pháp truyền thống.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Do các vấn đề kỹ thuật như nêu trên, sáng chế có mục đích là đề xuất một hệ thống nén và giải nén dữ liệu IQ băng rộng bằng sự kết hợp giữa phương pháp dự đoán tuyến tính LPC và phương pháp hệ quy chiếu FOR bao gồm các khối: khối nhận dữ liệu IQ băng rộng trước khi nén, khối ước lượng sai số bằng bộ lọc dự đoán tuyến tính LPC, khối nén bit bằng phương pháp hệ quy chiếu FOR, khối lưu trữ dữ liệu nén, khối giải nén bit bằng phương pháp hệ quy chiếu FOR, khối giải nén dữ liệu bằng bộ lọc dự đoán tuyến tính LPC nghịch đảo, và khối truyền dữ liệu IQ băng rộng sau khi giải nén.

Theo đó, nguyên lý hoạt động của hệ thống nén và giải nén dữ liệu IQ băng rộng được gồm ba phần cơ bản: phần nén dữ liệu, phần lưu trữ dữ liệu, và phần giải nén dữ liệu, cụ thể như sau:

Tại phần nén dữ liệu, tín hiệu IQ băng rộng K bit được đi qua bộ lọc dự đoán tuyến tính LPC với chiều dài $M + 1$ phần tử. Hệ số của bộ lọc LPC được tính toán dựa trên dữ liệu IQ băng rộng đầu vào. Đặc tính của dữ liệu IQ băng rộng đảm bảo tín hiệu đầu ra của bộ lọc LPC là những dữ liệu sai số có biên độ nhỏ. Sau đó, những dữ liệu sai số nhỏ này sẽ được nén lại bằng phương pháp hệ quy chiếu FOR. Phương pháp hệ quy chiếu FOR là phương pháp nén các giá trị sai lệch so với một giá trị tham chiếu (có thể là giá trị nhỏ nhất, giá trị lớn nhất hoặc giá trị trung bình của toàn bộ dữ liệu) thay vì nén các giá trị thật của dữ liệu. Thông thường, các giá trị sai lệch sẽ được biểu diễn bằng số bit ít hơn so với các giá trị thật.

Tại phần lưu trữ dữ liệu, dữ liệu nén sẽ được lưu trữ vào bộ nhớ và được đọc ra khi có yêu cầu. Dữ liệu nén bao gồm các thành phần sau: tham số của bộ lọc LPC, tham số của phương pháp hệ quy chiếu FOR, phần dữ liệu đã được nén và một số dữ liệu khác.

Tại phần giải nén dữ liệu, dữ liệu nén lưu trữ trong bộ nhớ sẽ được đọc ra để giải nén và khôi phục lại dữ liệu IQ băng rộng ban đầu khi có yêu cầu. Quá trình giải nén được thực hiện ngược lại với quá trình nén, bao gồm hai bước chính: giải nén bit bằng phương pháp hệ quy chiếu FOR và khôi phục dữ liệu bằng bộ lọc LPC nghịch đảo.

Một mục đích khác của sáng chế là đề xuất phương pháp nén và giải nén dữ liệu IQ băng rộng bao gồm các bước: bước 1: ước lượng sai số bằng bộ lọc dự đoán tuyến tính LPC; bước 2: nén bit bằng phương pháp hệ quy chiếu FOR; bước 3: lưu trữ dữ liệu đã được nén; bước 4: giải nén bit bằng phương pháp hệ quy chiếu FOR; bước 5: khôi phục dữ liệu IQ băng rộng bằng bộ lọc LPC nghịch đảo.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1: sơ đồ minh họa cấu trúc và nguyên lý hoạt động của phương pháp nén và giải nén dữ liệu IQ băng rộng.

Hình 2: sơ đồ minh họa nguyên lý hoạt động của bộ lọc dự đoán tuyến tính LPC.

Hình 3: sơ đồ minh họa nguyên lý hoạt động của phương pháp hệ quy chiếu FOR.

Hình 4: mô tả cấu trúc của dữ liệu đã được nén.

Mô tả chi tiết sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất hệ thống nén và giải nén dữ liệu IQ băng rộng bao gồm các khối sau: khối nhận dữ liệu IQ băng rộng trước khi nén 101, khối ước lượng sai số bằng bộ lọc dự đoán tuyến tính LPC 102, khối nén bit bằng phương pháp hệ quy chiếu FOR 103, khối lưu trữ dữ liệu nén 104, khối giải nén bit bằng phương pháp hệ quy chiếu FOR 105, khối giải nén dữ liệu bằng bộ lọc dự đoán tuyến tính LPC nghịch đảo 106, và khối truyền dữ liệu IQ băng rộng sau khi giải nén 107, trong đó:

Tham chiếu vào hình 1, khối nhận dữ liệu IQ băng rộng trước khi nén 101 sẽ nhận tín hiệu IQ băng rộng từ bộ chuyển đổi tín hiệu tương tự thành tín hiệu số (Analog-To-Digital Converter hay viết tắt là ADC) và truyền tín hiệu IQ băng rộng đến khối ước lượng sai số bằng bộ lọc LPC 102.

Tham chiếu vào hình 1, khối ước lượng sai số bằng bộ lọc LPC 102 có nhiệm vụ chuyển các dữ liệu IQ băng rộng có giá trị lớn thành những dữ liệu sai số có giá trị nhỏ hơn và truyền sang khối nén bit bằng phương pháp hệ quy chiếu FOR 103.

Tham chiếu vào hình 1, khối nén bit bằng phương pháp hệ quy chiếu FOR 103 có nhiệm vụ biểu diễn các sai số nhận được từ khối bộ lọc LPC 102

bằng việc sử dụng ít bit hơn. Dữ liệu nén sẽ được lưu trữ vào bộ nhớ và được đọc ra khi có yêu cầu.

Tham chiếu vào hình 1, khối lưu trữ dữ liệu nén 104 sẽ lưu trữ các dữ liệu sau vào bộ nhớ: tham số của khối bộ lọc LPC 102, tham số của khối nén bit FOR 103, phần dữ liệu đã được nén (đầu ra của khối 103), và một số dữ liệu khác.

Tham chiếu vào hình 1, khối giải nén bit bằng phương pháp hệ quy chiếu FOR 105 sẽ đọc các tham số của phương pháp FOR và phần dữ liệu đã được nén. Phương pháp giải nén bit trong khối 105 được thực hiện ngược lại với phương pháp nén bit trong khối 103. Đầu ra của khối giải nén bit 105 là những sai số có giá trị nhỏ (tương ứng với đầu ra của bộ lọc LPC 102).

Tham chiếu vào hình 1, khối bộ lọc LPC nghịch đảo 106 nhận những giá trị sai số có giá trị nhỏ từ khối giải nén bit FOR 105 và khôi phục lại dữ liệu IQ bằng rộng ban đầu.

Tham chiếu vào hình 1, khối truyền dữ liệu IQ bằng rộng sau khi giải nén 107 sẽ nhận dữ liệu đã giải nén từ khối bộ lọc LPC nghịch đảo 106 và truyền đến các ứng dụng cụ thể khác.

Giả sử x_1, x_2, L, x_N là N tín hiệu IQ bằng rộng K bit cần nén. Trong đó, x_1, x_3, L, x_{N-1} là phần thực của tín hiệu và x_2, x_4, L, x_N là phần ảo của tín hiệu. Những tín hiệu đầu vào này là những số nguyên K bit có dấu.

Theo đó, nguyên lý hoạt động của hệ thống nén và giải nén dữ liệu IQ bằng rộng được gồm ba phần cơ bản: phần nén dữ liệu, phần lưu trữ dữ liệu, và phần giải nén dữ liệu. Tại phần nén dữ liệu, tín hiệu IQ bằng rộng K bit được đi qua bộ lọc dự đoán tuyến tính LPC với chiều dài $M+1$ phần tử. Hệ số của bộ lọc LPC được tính toán dựa trên dữ liệu IQ bằng rộng đầu vào. Đặc tính của dữ liệu IQ bằng rộng đảm bảo tín hiệu đầu ra của bộ lọc LPC là những dữ liệu sai số có biên độ nhỏ. Sau đó, những dữ liệu sai số nhỏ này sẽ được nén lại thành những dữ liệu nén sử dụng ít bit hơn bằng phương pháp hệ quy chiếu FOR. Tại

phần lưu trữ dữ liệu, dữ liệu nén sẽ được lưu trữ vào bộ nhớ và được đọc ra khi có yêu cầu. Dữ liệu nén bao gồm các thành phần sau: tham số của bộ lọc LPC, tham số của phương pháp hệ quy chiếu FOR, phần dữ liệu đã được nén và một số dữ liệu khác. Tại phần giải nén dữ liệu, dữ liệu nén lưu trữ trong bộ nhớ sẽ được đọc ra để giải nén và khôi phục lại dữ liệu IQ băng rộng ban đầu khi có yêu cầu. Quá trình giải nén được thực hiện ngược lại với quá trình nén, bao gồm hai bước chính: giải nén bit bằng phương pháp hệ quy chiếu FOR và khôi phục dữ liệu bằng bộ lọc LPC nghịch đảo.

Mục đích thứ hai của sáng chế là đề xuất phương pháp nén và giải nén dữ liệu IQ băng rộng bao gồm các bước: bước 1: ước lượng sai số bằng bộ lọc dự đoán tuyến tính LPC; bước 2: nén bit bằng phương pháp hệ quy chiếu FOR; bước 3: lưu trữ dữ liệu đã được nén; bước 4: giải nén bit bằng phương pháp hệ quy chiếu FOR; bước 5: khôi phục dữ liệu IQ băng rộng bằng bộ lọc LPC nghịch đảo. Trong đó,

Bước 1: Ước lượng sai số bằng bộ lọc dự đoán tuyến tính LPC.

Việc ước lượng sai số bằng bộ lọc dự đoán tuyến tính LPC được thực hiện tại khối (102) như mô tả trong Hình 1. Đầu vào của bộ lọc LPC là dữ liệu IQ băng rộng K bit chưa nén $x_1, x_2, \dots, x_N$ và đầu ra của bộ lọc LPC là những sai số có giá trị nhỏ $e_{M+1}, e_{M+2}, \dots, e_N$ (những sai số này là cũng là những số nguyên K bit có dấu). Tham chiếu Hình 2, bộ lọc dự đoán tuyến tính LPC gồm các bước sau:

- Tính toán $M+1$ hệ số $a_0, a_1, \dots, a_M$ (với $a_0 = 1$) của bộ lọc LPC dựa trên tín hiệu thu được $x_1, x_2, \dots, x_N$ bằng phương pháp tự tương quan và phương pháp hồi quy Levinson-Durbin. Chiều dài của bộ lọc LPC thông thường là từ $M = 16$ đến $M = 32$.
- Ước lượng giá trị của tín hiệu bằng phương pháp dự đoán tuyến tính bằng công thức sau:

$$\hat{x}_n = - \sum_{m=1}^M a_m x_{n-m}, \quad n = M+1, \dots, N. \quad (1)$$

- Tính toán sai số e_n giữa giá trị của tín hiệu x_n và giá trị ước lượng $\hat{x}_n$ bằng công thức sau:

$$e_n = \text{round}(x_n - \hat{x}_n) = \text{round}\left(\sum_{m=0}^M a_m x_{n-m}\right), \quad n = M+1, \dots, N, \quad (2)$$

trong đó $\text{round}(\cdot)$ là hàm làm tròn về số nguyên gần nhất.

Bước 2: Nén bit bằng phương pháp hệ quy chiếu FOR.

Việc nén bit bằng phương pháp hệ quy chiếu FOR được thực hiện tại khối (103) như mô tả trong Hình 1. Nhiệm vụ của việc nén bit là biểu diễn các sai số $e_{M+1}, e_{M+2}, \dots, e_N$ bằng các số nguyên không dấu $\tilde{z}_{M+1}, \tilde{z}_{M+2}, \dots, \tilde{z}_N$ sử dụng $n_b < K$ bit (dữ liệu đã được nén). Tham chiếu Hình 3, phương pháp nén bit FOR gồm những bước sau:

- Xác định số nguyên nhỏ nhất trong số $e_{M+1}, e_{M+2}, \dots, e_N$ như sau:

$$e_{\min} = \min\{e_{M+1}, e_{M+2}, \dots, e_N\} \quad (3)$$

- Biểu diễn các số nguyên có dấu $e_{M+1}, e_{M+2}, \dots, e_N$ bằng các số nguyên không dấu $\tilde{e}_{M+1}, \tilde{e}_{M+2}, \dots, \tilde{e}_N$ và giá trị nhỏ nhất $e_{\min}$ như sau:

$$\tilde{e}_n = e_n - e_{\min}, \quad n = M+1, \dots, N \quad (4)$$

- Xác định giới hạn biểu diễn của các số nguyên bằng cách sau:

$$\Delta = \max\{\tilde{e}_{M+1}, \tilde{e}_{M+2}, \dots, \tilde{e}_N\} \quad (5)$$

- Tính số lượng bit tối thiểu để biểu diễn một số nguyên trong $\tilde{e}_n$ như sau:

$$n_b = \text{ceil}(\log_2 \Delta) \quad (6)$$

- Biểu diễn mỗi số nguyên không dấu $\tilde{e}_n$ sử dụng K bit bằng các số nguyên không dấu khác $\tilde{z}_n$ sử dụng $n_b < K$ bit.

Trong những công thức (3), (5) và (6), $\min\{\cdot\}$ là hàm tính giá trị nhỏ nhất, $\max\{\cdot\}$ là hàm tính giá trị lớn nhất, và $\text{ceil}(\cdot)$ là hàm làm tròn về số nguyên cận trên gần nhất.

Bước 3: Lưu trữ dữ liệu đã được nén.

Việc lưu trữ dữ liệu nén được thực hiện tại khối 104 như mô tả trong Hình 1. Dữ liệu nén sẽ được lưu trữ trên bộ nhớ để đọc ra khi có yêu cầu. Tham chiếu Hình 4, cấu trúc của dữ liệu nén bao gồm những thành phần sau:

- Hệ số của bộ lọc LPC $a_1, a_2, \dots, a_M$ ($M \times 8$ byte)
- Dữ liệu IQ băng rộng không nén $x_1, x_2, \dots, x_M$ ($M \times 2$ byte)
- Giá trị nhỏ nhất của số nguyên $e_{\min}$ (2 byte)
- Số lượng n_b bit tối thiểu để biểu diễn số nguyên không dấu $\tilde{e}_n$ (1 byte)
- Phần dữ liệu nén $\tilde{z}_{M+1}, \tilde{z}_{M+2}, \dots, \tilde{z}_N$ ($(N-M) \times \frac{n_b}{K}$ byte)

Bước 4: Giải nén bit bằng phương pháp hệ quy chiếu FOR.

Việc giải nén bit FOR được thực hiện tại khối 105 như mô tả trong Hình 1. Phương pháp giải nén bit bằng phương pháp FOR dùng để khôi phục tín hiệu sai số $e_{M+1}, e_{M+2}, \dots, e_N$ từ thông tin về $e_{\min}$, n_b và $\tilde{z}_{M+1}, \tilde{z}_{M+2}, \dots, \tilde{z}_N$. Tham chiếu Hình 3, sự khôi phục dữ liệu được thực hiện như sau:

- Đọc thông tin về $e_{\min}$, n_b và $\tilde{z}_{M+1}, \tilde{z}_{M+2}, \dots, \tilde{z}_N$ từ dữ liệu nén.
- Khôi phục lại các số nguyên không dấu $\tilde{e}_{M+1}, \tilde{e}_{M+2}, \dots, \tilde{e}_N$ từ thông tin về n_b và dữ liệu nén $\tilde{z}_{M+1}, \tilde{z}_{M+2}, \dots, \tilde{z}_N$.
- Tính toán các dữ liệu là số nguyên có dấu $e_{M+1}, e_{M+2}, \dots, e_N$ từ thông tin về $e_{\min}$ và $\tilde{e}_{M+1}, \tilde{e}_{M+2}, \dots, \tilde{e}_N$ như sau:

$$e_n = \tilde{e}_n + e_{\min}, \quad n = M+1, \dots, N \quad (7)$$

Bước 5: Khôi phục dữ liệu IQ băng rộng bằng bộ lọc LPC nghịch đảo.

Tham chiếu khối 106 trong Hình 1, nhiệm vụ của bộ lọc LPC nghịch đảo là khôi phục dữ liệu IQ băng rộng ban đầu từ hệ số bộ lọc LPC a_0, a_1, L, a_M , tín hiệu IQ băng rộng không nén ban đầu x_1, x_2, L, x_N và sai số e_{M+1}, e_{M+2}, L, e_N . Các dữ liệu IQ băng rộng được khôi phục bằng công thức sau:

$$x_n = \text{round} \left(e_n - \sum_{m=1}^M a_m x_{n-m} \right), \quad n = M+1, L, N, \quad (8)$$

trong đó M dữ liệu IQ băng rộng không nén x_1, x_2, L, x_M được đọc ra từ cấu trúc của dữ liệu nén (tham chiếu Hình 4).

Mô tả chi tiết về sáng chế này sẽ được trình bày cụ thể ở trên, tuy nhiên cũng cần hiểu rằng các mô tả được trình bày chỉ đơn thuần là hình mẫu của sáng chế, nó có thể được thể hiện dưới nhiều hình thức khác nhau. Vì thế, các chi tiết về chức năng cụ thể được trình bày dưới đây không được hiểu một cách hạn chế, chúng cũng chỉ là cơ sở cho những đề xuất khác.

Yêu cầu bảo hộ

1. Hệ thống nén và giải nén dữ liệu tín hiệu phức (IQ) băng rộng, trong đó dữ liệu IQ là dữ liệu tín hiệu phức (IQ) được biểu diễn bởi hai thành phần là phần thực và phần ảo, dữ liệu IQ băng rộng này được lấy mẫu ở tốc độ cao nhờ có băng thông lớn, một dữ liệu IQ băng rộng có thể chứa thông tin của nhiều dữ liệu băng hẹp ở các tần số khác nhau nằm trong băng thông xử lý, hệ thống này bao gồm:

khối nhận dữ liệu IQ băng rộng trước khi nén; khối ước lượng sai số bằng bộ lọc dự đoán tuyến tính LPC; khối nén bit bằng phương pháp hệ quy chiếu FOR; khối lưu trữ dữ liệu nén; khối giải nén bit bằng phương pháp hệ quy chiếu FOR; khối giải nén dữ liệu bằng bộ lọc dự đoán tuyến tính LPC nghịch đảo; khối truyền dữ liệu IQ băng rộng sau khi giải nén; và

trong đó:

khối nhận dữ liệu IQ băng rộng trước khi nén sẽ nhận tín hiệu IQ băng rộng từ bộ chuyển đổi tín hiệu tương tự thành tín hiệu số và truyền tín hiệu IQ băng rộng đến khối ước lượng sai số bằng bộ lọc LPC;

khối ước lượng sai số bằng bộ lọc dự đoán tuyến tính LPC thực hiện chuyển đổi các dữ liệu IQ băng rộng có giá trị lớn thành những dữ liệu sai số có giá trị nhỏ hơn và truyền sang khối nén bit bằng phương pháp hệ quy chiếu FOR;

khối nén bit bằng phương pháp hệ quy chiếu FOR có nhiệm vụ biểu diễn các sai số nhận được từ khối bộ lọc LPC bằng việc sử dụng ít bit hơn, dữ liệu nén sẽ được lưu trữ vào bộ nhớ và được đọc ra khi có yêu cầu, trong đó phương pháp hệ quy chiếu FOR thực hiện nén các giá trị sai lệch so với một giá trị tham chiếu, giá trị tham chiếu có thể là giá trị nhỏ nhất, giá trị lớn nhất hoặc giá trị trung bình của toàn bộ dữ liệu, thay vì nén các giá trị thật của dữ liệu, nhờ đó các giá trị sai lệch sẽ được biểu diễn bằng số bit ít hơn so với các giá trị thật;

khối lưu trữ dữ liệu nén sẽ lưu trữ các dữ liệu sau vào bộ nhớ: tham số của khối bộ lọc LPC, tham số của khối nén bit FOR, phần dữ liệu đã được nén và một số dữ liệu khác;

khối giải nén bit bằng phương pháp hệ quy chiếu FOR sẽ đọc các tham số của phương pháp FOR và phần dữ liệu đã được nén, phương pháp giải nén bit trong khối này được thực hiện ngược lại với phương pháp nén bit trong khối nén bit bằng phương pháp hệ quy chiếu, đầu ra của khối giải nén bit là các sai số có giá trị nhỏ tương ứng với đầu ra của bộ lọc LPC;

khối giải nén dữ liệu bằng bộ lọc dự đoán tuyến tính LPC nghịch đảo nhận những giá trị sai số có giá trị nhỏ từ khối giải nén bit FOR và khôi phục lại dữ liệu IQ bằng rộng ban đầu;

khối truyền dữ liệu IQ bằng rộng sau khi giải nén sẽ nhận dữ liệu đã giải nén từ khối bộ lọc LPC nghịch đảo và truyền đến các ứng dụng cụ thể khác.

2. Hệ thống nén và giải nén dữ liệu IQ bằng rộng theo điểm 1, trong đó:

giả sử x_1, x_2, L, x_N là N tín hiệu IQ bằng rộng K bit cần nén, trong đó: x_1, x_3, L, x_{N-1} là phần thực của tín hiệu và x_2, x_4, L, x_N là phần ảo của tín hiệu, những tín hiệu đầu vào này là những số nguyên K bit có dấu.

3. Phương pháp nén và giải nén dữ liệu IQ bằng rộng, phương pháp này bao gồm các bước:

- ước lượng sai số bằng bộ lọc dự đoán tuyến tính LPC;
- nén bit bằng phương pháp hệ quy chiếu FOR;
- lưu trữ dữ liệu đã được nén;
- giải nén bit bằng phương pháp hệ quy chiếu FOR;
- khôi phục dữ liệu IQ bằng rộng bằng bộ lọc LPC nghịch đảo.

4. Phương pháp nén và giải nén dữ liệu IQ bằng rộng theo điểm 3, trong đó:

việc ước lượng sai số bằng bộ lọc dự đoán tuyến tính LPC được thực hiện bởi khối khối ước lượng sai số bằng bộ lọc dự đoán tuyến tính LPC, trong đó bộ

lọc dự đoán tuyến tính LPC nhận dữ liệu đầu vào dữ liệu IQ bằng rộng K bit chưa nén $x_1, x_2, \dots, x_N$ và thực hiện xử lý để tạo ra dữ liệu đầu ra của bộ lọc dự đoán tuyến tính LPC là các sai số có giá trị nhỏ $e_{M+1}, e_{M+2}, \dots, e_N$, các sai số này là cũng là các số nguyên K bit có dấu.

5. Phương pháp nén và giải nén dữ liệu IQ bằng rộng theo điểm 3, trong đó bộ lọc dự đoán tuyến tính LPC thực hiện các bước sau:

tính toán $M+1$ hệ số $a_0, a_1, \dots, a_M$ (với $a_0 = 1$) của bộ lọc dự đoán tuyến tính LPC dựa trên tín hiệu thu được $x_1, x_2, \dots, x_N$ bằng phương pháp tự tương quan và phương pháp hồi quy Levinson-Durbin, chiều dài của bộ lọc LPC thông thường là từ $M = 16$ đến $M = 32$;

ước lượng giá trị của tín hiệu bằng phương pháp dự đoán tuyến tính như sau: $\hat{x}_n = -\sum_{m=1}^M a_m x_{n-m}$, $n = M+1, \dots, N$. (1);

tính toán sai số e_n giữa giá trị của tín hiệu x_n và giá trị ước lượng $\hat{x}_n$ như sau: $e_n = \text{round}(x_n - \hat{x}_n) = \text{round}\left(\sum_{m=0}^M a_m x_{n-m}\right)$, $n = M+1, \dots, N$, (2), trong đó $\text{round}(\cdot)$ là hàm làm tròn về số nguyên gần nhất.

6. Phương pháp nén và giải nén dữ liệu IQ bằng rộng theo điểm 3, trong đó:

việc nén bit bằng phương pháp hệ quy chiếu FOR được thực hiện tại khối nén bit bằng phương pháp hệ quy chiếu FOR để biểu diễn các sai số $e_{M+1}, e_{M+2}, \dots, e_N$ bằng các số nguyên không dấu $\tilde{z}_{M+1}, \tilde{z}_{M+2}, \dots, \tilde{z}_N$ sử dụng $n_b < K$ bit (dữ liệu đã được nén); và trong đó:

việc nén bit bằng phương pháp hệ quy chiếu FOR gồm các bước sau:

xác định số nguyên nhỏ nhất trong số $e_{M+1}, e_{M+2}, \dots, e_N$ như sau:

$$e_{\min} = \min\{e_{M+1}, e_{M+2}, \dots, e_N\} \quad (3);$$

biểu diễn các số nguyên có dấu $e_{M+1}, e_{M+2}, \dots, e_N$ bằng các số nguyên không dấu $\tilde{e}_{M+1}, \tilde{e}_{M+2}, \dots, \tilde{e}_N$ và giá trị nhỏ nhất $e_{\min}$ như sau:
 $\tilde{e}_n = e_n - e_{\min}, n = M+1, \dots, N$ (4);

xác định giới hạn biểu diễn của các số nguyên bằng cách sau:
 $\Delta = \max\{\tilde{e}_{M+1}, \tilde{e}_{M+2}, \dots, \tilde{e}_N\}$ (5);

tính số lượng bit tối thiểu để biểu diễn một số nguyên trong $\tilde{e}_n$ như sau:
 $n_b = \text{ceil}(\log_2 \Delta)$ (6);

biểu diễn mỗi số nguyên không dấu $\tilde{e}_n$ sử dụng K bit bằng các số nguyên không dấu khác $\tilde{z}_n$ sử dụng $n_b < K$ bit;

trong những công thức (3), (5) và (6), $\min\{\cdot\}$ là hàm tính giá trị nhỏ nhất, $\max\{\cdot\}$ là hàm tính giá trị lớn nhất, và $\text{ceil}(\cdot)$ là hàm làm tròn về số nguyên cận trên gần nhất.

7. Phương pháp nén và giải nén dữ liệu IQ băng rộng theo điểm 3, trong đó:

việc lưu trữ dữ liệu đã được nén được thực hiện bởi khối lưu trữ dữ liệu nén, dữ liệu được nén sẽ được lưu trữ trên bộ nhớ để đọc ra khi có yêu cầu; và

cấu trúc của dữ liệu đã được nén bao gồm những thành phần sau: hệ số của bộ lọc LPC $a_1, a_2, \dots, a_M$ ($M \times 8$ byte); dữ liệu IQ băng rộng không nén $x_1, x_2, \dots, x_M$ ($M \times 2$ byte); giá trị nhỏ nhất của số nguyên $e_{\min}$ (2 byte); số lượng n_b bit tối thiểu để biểu diễn số nguyên không dấu $\tilde{e}_n$ (1 byte); dữ liệu nén $\tilde{z}_{M+1}, \tilde{z}_{M+2}, \dots, \tilde{z}_N$ ($(N - M) \times \frac{n_b}{K}$ byte).

8. Phương pháp nén và giải nén dữ liệu IQ băng rộng theo điểm 3, trong đó:

việc giải nén bit bằng phương pháp hệ quy chiếu FOR được thực hiện tại khối giải nén dữ liệu bằng bộ lọc dự đoán tuyến tính LPC nghịch đảo, phương

pháp giải nén bit bằng phương pháp FOR dùng để khôi phục tín hiệu sai số $e_{M+1}, e_{M+2}, \dots, e_N$ từ thông tin về $e_{\min}$, n_b và $\tilde{z}_{M+1}, \tilde{z}_{M+2}, \dots, \tilde{z}_N$;

việc khôi phục dữ liệu được thực hiện như sau: đọc thông tin về $e_{\min}$, n_b và $\tilde{z}_{M+1}, \tilde{z}_{M+2}, \dots, \tilde{z}_N$ từ dữ liệu nén; khôi phục lại các số nguyên không dấu $\tilde{e}_{M+1}, \tilde{e}_{M+2}, \dots, \tilde{e}_N$ từ thông tin về n_b và dữ liệu nén $\tilde{z}_{M+1}, \tilde{z}_{M+2}, \dots, \tilde{z}_N$; tính toán các dữ liệu là số nguyên có dấu $e_{M+1}, e_{M+2}, \dots, e_N$ từ thông tin về $e_{\min}$ và $\tilde{e}_{M+1}, \tilde{e}_{M+2}, \dots, \tilde{e}_N$ như sau: $e_n = \tilde{e}_n + e_{\min}$, $n = M+1, \dots, N$.

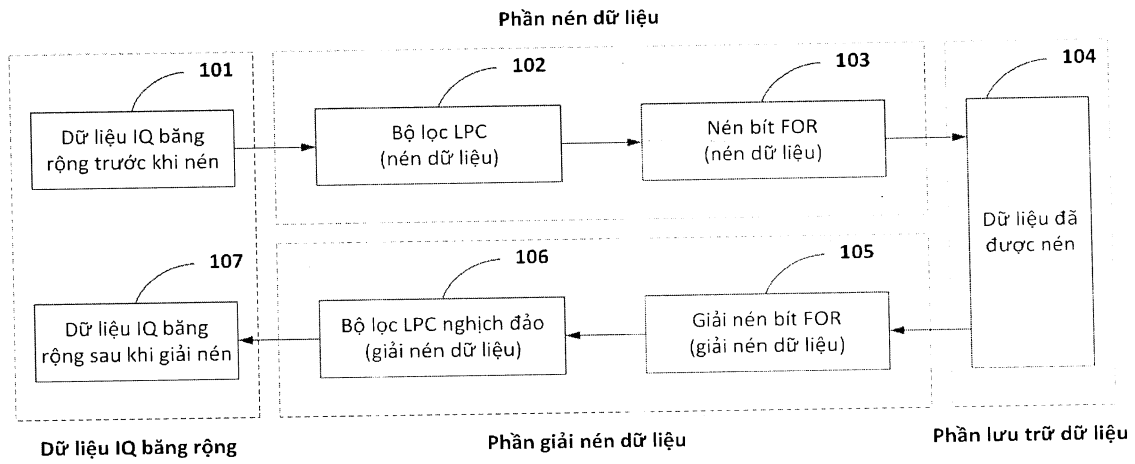
9. Phương pháp nén và giải nén dữ liệu IQ băng rộng theo điểm 3, trong đó:

việc khôi phục dữ liệu IQ băng rộng bằng bộ lọc LPC nghịch đảo được thực hiện tại khối truyền dữ liệu IQ băng rộng sau khi giải nén để khôi phục dữ liệu IQ băng rộng ban đầu từ hệ số bộ lọc LPC $a_0, a_1, \dots, a_M$, tín hiệu IQ băng rộng không nén ban đầu $x_1, x_2, \dots, x_N$ và sai số $e_{M+1}, e_{M+2}, \dots, e_N$;

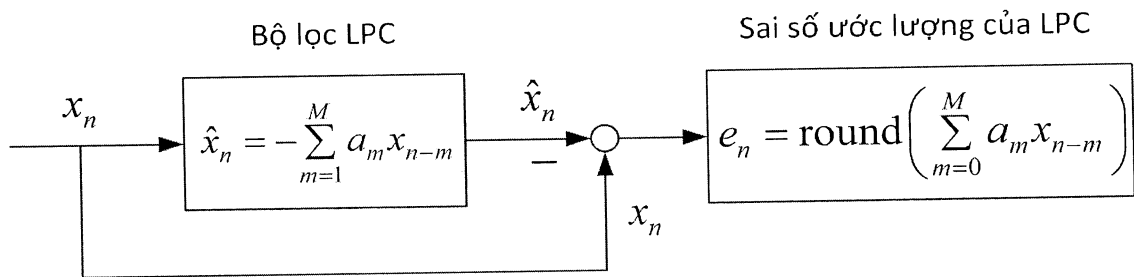
các dữ liệu IQ băng rộng được khôi phục bằng công thức sau:

$$x_n = \text{round} \left(e_n - \sum_{m=1}^M a_m x_{n-m} \right), \quad n = M+1, \dots, N, \quad (8) \text{ trong đó } M \text{ dữ liệu IQ băng}$$

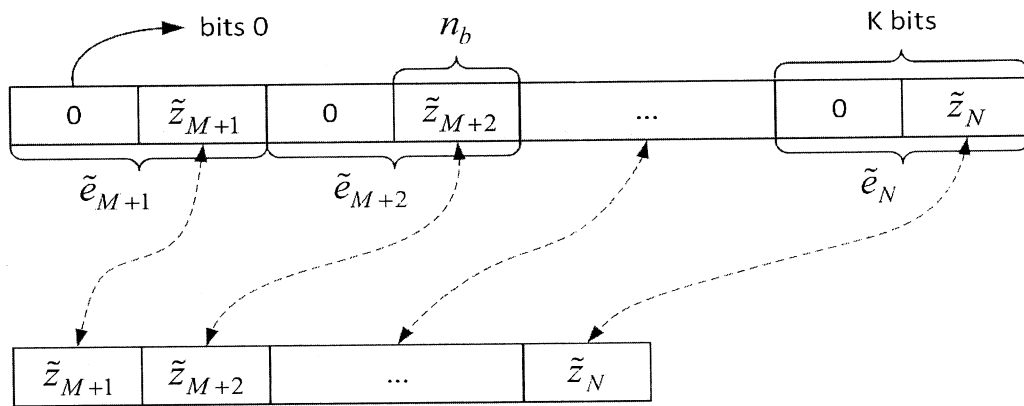
rộng không nén $x_1, x_2, \dots, x_M$ được đọc ra từ cấu trúc của dữ liệu nén.



Hình 1



Hình 2



Hình 3

$M \times 8$ bytes	$M \times 2$ bytes	2 bytes	1 byte	$(N - M) \times \frac{n_b}{K}$ bytes
$a_1, a_2, \dots, a_M$	$x_1, x_2, \dots, x_M$	$e_{\min}$	n_b	$\tilde{z}_{M+1}, \tilde{z}_{M+2}, \dots, \tilde{z}_N$

Hình 4