



(19)

Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 354 315 B1

(12)

EUROPEAN PATENT SPECIFICATION

(45) Date of publication and mention
of the grant of the patent:

14.06.2006 Bulletin 2006/24

(51) Int Cl.:

G10L 19/10 (2006.01)

(21) Application number: 01997803.0

(86) International application number:

PCT/CA2001/001675

(22) Date of filing: 22.11.2001

(87) International publication number:

WO 2002/043053 (30.05.2002 Gazette 2002/22)

(54) INDEXING PULSE POSITIONS AND SIGNS IN ALGEBRAIC CODEBOOKS FOR CODING OF
WIDEBAND SIGNALSINDIZIEREN VON IMPULSPositionEN UND VORZEICHEN IN ALGEBRAISCHEN
CODEBÜCHERN ZUR CODIERUNG VON BREITBANDSIGNALENINDEXAGE DE POSITIONS D'IMPULSIONS ET DE SIGNES DANS DES LIVRES DE CODES
ALGEBRIQUES POUR LE CODAGE DE SIGNAUX A LARGE BANDE(84) Designated Contracting States:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**Designated Extension States:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priority: 22.11.2000 CA 2327041

(43) Date of publication of application:
22.10.2003 Bulletin 2003/43(73) Proprietor: **Voiceage Corporation
Ville Mont-Royal,
Quebec H3R 2H6 (CA)**(72) Inventor: **BESSETTE, Bruno
Rock Forest, Quebec J1N 1L2 (CA)**(74) Representative: **Poulin, Gérard et al
BREVALEX
3, rue du Docteur Lancereaux
75008 Paris (FR)**(56) References cited:
US-A- 5 701 392

- HONKANENT ET AL: "Enhanced full rate speech codec for IS-136 digital cellular system" ACOUSTICS, SPEECH, AND SIGNAL PROCESSING, 1997. ICASSP-97., 1997 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON MUNICH, GERMANY 21-24 APRIL 1997, LOS ALAMITOS, CA, USA, IEEE COMPUT. SOC, US, 21 April 1997 (1997-04-21), pages 731-734, XP010225898 ISBN: 0-8186-7919-0
- SALAMIR ET AL: "Description of GSM enhanced full rate speech codec" COMMUNICATIONS, 1997. ICC '97 MONTREAL, TOWARDS THE KNOWLEDGE MILLENNIUM. 1997 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON MONTREAL, QUE., CANADA 8-12 JUNE 1997, NEW YORK, NY, USA, IEEE, US, 8 June 1997 (1997-06-08), pages 725-729, XP010227201 ISBN: 0-7803-3925-8
- KATAOKA A ET AL: "A 6.4-KBIT/S VARIABLE-BIT-RATE EXTENSION TO THE G.729 (CS-ACELP) SPEECH CODER" IEICE TRANSACTIONS ON INFORMATION AND SYSTEMS, INSTITUTE OF ELECTRONICS INFORMATION AND COMM. ENG. TOKYO, JP, vol. E80-D, no. 12, 1 December 1997 (1997-12-01), pages 1183-1189, XP000730850 ISSN: 0916-8532

Note: Within nine months from the publication of the mention of the grant of the European patent, any person may give notice to the European Patent Office of opposition to the European patent granted. Notice of opposition shall be filed in a written reasoned statement. It shall not be deemed to have been filed until the opposition fee has been paid. (Art. 99(1) European Patent Convention).

EP 1 354 315 B1

Description

BACKGROUND OF THE INVENTION

5 1. Field of the invention:

[0001] The present invention relates to a technique for digitally encoding a signal, in particular but not exclusively a speech signal, in view of transmitting and synthesizing this signal. More specifically, the present invention is concerned with a method for indexing the pulse positions and amplitudes of non-zero-amplitude pulses, in particular but not exclusively in very large algebraic codebooks needed for high-quality coding of wideband signals based on Algebraic Code Excited Linear Prediction (ACELP) techniques.

10 2. Brief description of the current technology:

[0002] The demand for efficient digital wideband speech/audio encoding techniques with a good subjective quality/bit rate trade-off is increasing for numerous applications such as audio/video teleconferencing, multimedia, and wireless applications, as well as internet and packet network applications. Until recently, telephone bandwidths filtered in the range 200-3400 Hz were mainly used in speech coding applications. However, there is an increasing demand for wideband speech applications in order to increase the intelligibility and naturalness of the speech signals. A bandwidth in the range 50-7000 Hz was found sufficient for delivering a face-to-face speech quality. For audio signals, this range gives an acceptable audio quality, but is still lower than the CD (Compact Disk) quality which operates in the range 20-20000 Hz.

[0003] A speech encoder converts a speech signal into a digital bitstream which is transmitted over a communication channel (or stored in a storage medium). The speech signal is digitized (sampled and quantized with usually 16-bits per sample) and the speech encoder has the role of representing these digital samples with a smaller number of bits while maintaining a good subjective speech quality. The speech decoder or synthesizer operates on the transmitted or stored bitstream and converts it back to a sound signal.

[0004] One of the best prior art techniques capable of achieving a good quality/bit rate trade-off is the so-called CELP (Code Excited Linear Prediction) technique. According to this technique, the sampled speech signal is processed in successive blocks of L samples usually called *frames* where L is some predetermined number (corresponding to 10-30 ms of speech). In CELP, a LP (Linear Prediction) synthesis filter is computed and transmitted every frame. The L -sample frame is then divided into smaller blocks called *subframes* of size N samples, where $L=kN$ and k is the number of subframes in a frame (N usually corresponds to 4-10 ms of speech). An excitation signal is determined in each subframe, which usually consists of two components: one from the past excitation (also called pitch contribution or adaptive codebook) and the other from an innovative codebook (also called fixed codebook). This excitation signal is transmitted and used at the decoder as the input of the LP synthesis filter in order to obtain the synthesized speech.

[0005] To synthesize speech according to the CELP technique, each block of N samples is synthesized by filtering an appropriate codevector from the innovation codebook through time-varying filters modeling the spectral characteristics of the speech signal. These filters consist of a pitch synthesis filter (usually implemented as an adaptive codebook containing the past excitation signal) and an LP synthesis filter. At the encoder end, the synthesis output is computed for all, or a subset, of the codevectors from the codebook (codebook search). The retained codevector is the one producing the synthesis output closest to the original speech signal according to a perceptually weighted distortion measure. This perceptual weighting is performed using a so-called perceptual weighting filter, which is usually derived from the LP synthesis filter.

[0006] An innovative codebook in the CELP context, is an indexed set of N -sample-long sequences which will be referred to as N -dimensional codevectors. Each codebook sequence is indexed by an integer k ranging from 1 to M where M represents the size of the codebook often expressed as a number of bits b , where $M=2^b$.

[0007] A codebook can be stored in a physical memory, e.g. a look-up table (stochastic codebook), or can refer to a mechanism for relating the index to a corresponding codevector, e.g. a formula (algebraic codebook).

[0008] A drawback of the first type of codebooks, stochastic codebooks, is that they often involve substantial physical storage. They are stochastic, i.e. random in the sense that the path from the index to the associated codevector involves look-up tables which are the result of randomly generated numbers or statistical techniques applied to large speech training sets. The size of stochastic codebooks tends to be limited by storage and/or search complexity.

[0009] The second type of codebooks are the algebraic codebooks. By contrast with the stochastic codebooks, algebraic codebooks are not random and require no substantial storage. An algebraic codebook is a set of indexed codevectors of which the amplitudes and positions of the pulses of the k^{th} codevector can be derived from a corresponding index k through a rule requiring no, or minimal, physical storage. Therefore, the size of algebraic codebooks is not limited by storage requirements. Algebraic codebooks can also be designed for efficient search.

[0010] The CELP model has been very successful in encoding telephone band sound signals, and several CELP-based standards exist in a wide range of applications, especially in digital cellular applications. In the telephone band, the sound signal is band-limited to 200-3400 Hz and sampled at 8000 samples/sec. In wideband speech/audio applications, the sound signal is band-limited to 50-7000 Hz and sampled at 16000 samples/sec.

5 [0011] Some difficulties arise when applying the telephone band optimized CELP model to wideband signals, and additional features need to be added to the model in order to obtain high quality wideband signals. These features include efficient perceptual weighting filtering, varying bandwidth pitch filtering, and efficient gain smoothing and pitch enhancement techniques. An other important issue that arises in coding wideband signals is the need to use very large excitation codebooks. Therefore, efficient codebook structures that require minimal storage and can be rapidly searched become very important. Algebraic codebooks have been known for their efficiency and are now widely used in various speech coding standards. Algebraic codebooks and related fast search procedures are described in US patents Nos: 10 5,444,816 (Adoul et al.) issued on August 22, 1995; 5,699,482 granted to Adoul et al., on December 17, 1997; 5,754,976 granted to Adoul et al., on May 19, 1998; and 5,701,392 (Adoul et al.) dated December 23, 1997.

15 OBJECT OF THE INVENTION

[0012] An object of the present invention is to provide a new procedure for indexing pulse positions and amplitudes in algebraic codebooks for efficiently encoding in particular but not exclusively wideband signals.

20 SUMMARY OF THE INVENTION

[0013] The invention is defined in appended method claim 1, independent device claim 27 and independent system claim 60. Advantageous embodiments are defined in the dependent claims.

25 BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0014] In the appended drawings:

30 Figure 1 is a schematic block diagram of a preferred embodiment of wideband encoding device;

Figure 2 is a schematic block diagram of a preferred embodiment of wideband decoding device;

Figure 3 is a schematic block diagram of a preferred embodiment of pitch analysis device;

35 Figure 4 is a simplified, schematic block diagram of a cellular communication system in which the wideband encoding device of Figure 1 and the wideband decoding device of Figure 2 can be implemented; and

40 Figure 5 is a flow chart of a preferred embodiment for a procedure for encoding two signed pulses in a track of length $k=2^M$, including indexing of the pulse positions and signs.

DETAILED DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

[0015] As well known to those of ordinary skill in the art, a cellular communication system such as 401 (Figure 4) provides a telecommunication service over a large geographic area by dividing that large geographic area into a number C of smaller cells. The C smaller cells are serviced by respective cellular base stations 402₁, 402₂ ... 402_C to provide each cell with radio signalling, audio and data channels.

45 [0016] Radio signalling channels are used to place calls to mobile radiotelephones (mobile transmitter/receiver units) such as 403 within the limits of the coverage area (cell) of the cellular base station 402, and to place calls to other radiotelephones 403 located either inside or outside the base station's cell or to another network such as the Public Switched Telephone Network (PSTN) 404.

[0017] Once a radiotelephone 403 has successfully placed or received a call, an audio or data channel is established between this radiotelephone 403 and the cellular base station 402 corresponding to the cell in which the radiotelephone 403 is situated, and communication between the base station 402 and radiotelephone 403 is conducted over that audio or data channel. The radiotelephone 403 may also receive control or timing information over a signalling channel while a call is in progress.

50 [0018] If a radiotelephone 403 leaves a cell and enters another adjacent cell while a call is in progress, the radiotelephone 403 hands over the call to an available audio or data channel of the new cell base station 402. If a radiotelephone 403 leaves a cell and enters another adjacent cell while no call is in progress, the radiotelephone 403 sends a control

message over the signalling channel to log into the base station 402 of the new cell. In this manner mobile communication over a wide geographical area is possible.

[0019] The cellular communication system 401 further comprises a control terminal 405 to control communication between the cellular base stations 402 and the PSTN 404, for example during a communication between a radiotelephone 403 and the PSTN 404, or between a radiotelephone 403 located in a first cell and a radiotelephone 403 situated in a second cell.

[0020] Of course, a bidirectional wireless radio communication subsystem is required to establish an audio or data channel between a base station 402 of one cell and a radiotelephone 403 located in that cell. As illustrated in very simplified form in Figure 4, such a bidirectional wireless radio communication subsystem typically comprises in the radiotelephone 403:

- a transmitter 406 including:
 - an encoder 407 for encoding a voice signal or other signal to be transmitted; and
 - a transmission circuit 408 for transmitting the encoded signal from the encoder 407 through an antenna such as 409; and
- a receiver 410 including:
 - a receiving circuit 411 for receiving a transmitted encoded voice signal or other signal usually through the same antenna 409; and
 - a decoder 412 for decoding the received encoded signal from the receiving circuit 411.

[0021] The radiotelephone 403 further comprises other conventional radiotelephone circuits 413 to supply a voice signal or other signal to the encoder 407 and to process the voice signal or other signal from the decoder 412. These radiotelephone circuits 413 are well known to those of ordinary skill in the art and, accordingly, will not be further described in the present specification.

[0022] Also, such a bidirectional wireless radio communication subsystem typically comprises in the base station 402:

- a transmitter 414 including:
 - an encoder 415 for encoding the voice signal or other signal to be transmitted; and
 - a transmission circuit 416 for transmitting the encoded signal from the encoder 415 through an antenna such as 417; and
- a receiver 418 including:
 - a receiving circuit 419 for receiving a transmitted encoded voice signal or other signal through the same antenna 417 or through another different antenna (not shown); and
 - a decoder 420 for decoding the received encoded signal from the receiving circuit 419.

[0023] The base station 402 further comprises, typically, a base station controller 421, along with its associated database 422, for controlling communication between the control terminal 405 and the transmitter 414 and receiver 418. The base station controller 421 will also control communication between the receiver 418 and the transmitter 414 in the case of communication between two radiotelephones such as 403 located in the same cell as base station 402.

[0024] As well known to those of ordinary skill in the art, encoding is required in order to reduce the bandwidth necessary to transmit a signal, for example a voice signal such as speech, across the bidirectional wireless radio communication subsystem, i.e., between a radiotelephone 403 and a base station 402.

[0025] LP voice encoders (such as 415 and 407) typically operating at 13 kbits/second and below such as Code-Excited Linear Prediction (CELP) encoders typically use a LP synthesis filter to model the short-term spectral envelope of the speech signal. The LP information is transmitted, typically, every 10 or 20 ms to the decoder (such 420 and 412) and is extracted at the decoder end.

[0026] The novel techniques disclosed in the present specification can be used with telephone-band signals including speech, with sound signals other than speech as well with other types of wideband signals.

[0027] Figure 1 shows a general block diagram of a CELP-type speech encoding device 100 modified to better accommodate wideband signals. Wideband signals may comprise, amongst others, signals such as music and video

signals.

[0028] The sampled input speech signal 114 is divided into successive L -sample blocks called "frames". In each frame, different parameters representing the speech signal in the frame are computed, encoded, and transmitted. LP parameters representing the LP synthesis filter are usually computed once every frame. The frame is further divided into smaller blocks of N samples (blocks of length N), in which excitation parameters (pitch and innovation) are determined. In the CELP literature, these blocks of length N are called "subframes" and the N -sample signals in the subframes are referred to as N -dimensional vectors. In this preferred embodiment, the length N corresponds to 5 ms while the length L corresponds to 20 ms, which means that a frame contains four subframes ($N=80$ at the sampling rate of 16 kHz and 64 after down-sampling to 12.8 kHz). Various N -dimensional vectors occur in the encoding procedure. A list of the vectors which appear in Figures 1 and 2 as well as a list of transmitted parameters are given herein below:

List of the main N -dimensional vectors

[0029]

- s Wideband signal input speech vector (after down-sampling, pre-processing, and preemphasis);
- s_w Weighted speech vector;
- s_0 Zero-input response of weighted synthesis filter;
- s_p Down-sampled pre-processed signal;
- \hat{s} Oversampled synthesized speech signal;
- s' Synthesis signal before deemphasis;
- s_d Deemphasized synthesis signal;
- s_h Synthesis signal after deemphasis and postprocessing;
- x Target vector for pitch search;
- x_2 Target vector for innovation search;
- h Weighted synthesis filter impulse response;
- v_T Adaptive (pitch) codebook vector at delay T ;
- y_T Filtered pitch codebook vector (v_T convolved with h);
- c_k Innovative codevector at index k (k -th entry of the innovation codebook);
- c_f Enhanced scaled innovation codevector;
- u Excitation signal (scaled innovation and pitch codevectors);
- u' Enhanced excitation;
- z Band-pass noise sequence;
- w' White noise sequence; and
- w Scaled noise sequence.

List of transmitted parameters

[0030]

- STP Short term prediction parameters (defining $A(z)$);
 5 T Pitch lag (or pitch codebook index);
 b Pitch gain (or pitch codebook gain);
 j Index of the low-pass filter used on the pitch codevector;
 k Codevector index (innovation codebook entry); and
 g Innovation codebook gain.

[0031] In this preferred embodiment, the STP parameters are transmitted once per frame and the rest of the parameters are transmitted every subframe (four times per frame).

ENCODER SIDE

[0032] The sampled speech signal is encoded on a block by block basis by the encoding device 100 of Figure 1 which is broken down into eleven modules numbered from 101 to 111.

[0033] The input speech signal is processed in the above mentioned L -sample blocks called frames.

[0034] Referring to Figure 1, the sampled input speech signal 114 is down-sampled in a down-sampling module 101. For example, the signal is down-sampled from 16 kHz down to 12.8 kHz, using techniques well known to those of ordinary skill in the art. Down-sampling down to another frequency can of course be envisaged. Down-sampling increases the coding efficiency, since a smaller frequency bandwidth is encoded. This also reduces the algorithmic complexity since the number of samples in a frame is decreased. The use of down-sampling becomes significant when the bit rate is reduced below 16 kbit/s; down-sampling is not essential above 16 kbit/s.

[0035] After down-sampling, the 320-sample frame of 20 ms is reduced to a 256-sample frame (down-sampling ratio of 4/5).

[0036] The input frame is then supplied to the optional pre-processing block 102. Pre-processing block 102 may consist of a high-pass filter with a 50 Hz cut-off frequency. High-pass filter 102 removes the unwanted sound components below 50 Hz.

[0037] The down-sampled pre-processed signal is denoted by $s_p(n)$, $n = 0, 1, 2, \dots, L-1$, where L is the length of the frame (256 at a sampling frequency of 12.8 kHz). In a preferred embodiment, the signal $s_p(n)$ is preemphasized using a preemphasis filter 103 having the following transfer function:

$$P(z) = 1 - \mu z^{-1}$$

[0038] where μ is a preemphasis factor with a value located between 0 and 1 (a typical value is $\mu = 0.7$), and z represents the variable of the polynomial $P(z)$. A higher-order filter could also be used. It should be pointed out that high-pass filter 102 and preemphasis filter 103 can be interchanged to obtain more efficient fixed-point implementations.

[0039] The function of the preemphasis filter 103 is to enhance the high frequency contents of the input signal. It also reduces the dynamic range of the input speech signal, which renders it more suitable for fixed-point implementation.

[0040] Without preemphasis, LP analysis in fixed-point using single-precision arithmetic is difficult to implement.

[0041] Preemphasis also plays an important role in achieving a proper overall perceptual weighting of the quantization error, which contributes to improve sound quality. This will be explained in more detail herein below.

[0042] The output of the preemphasis filter 103 is denoted $s(n)$. This signal is used for performing LP analysis in calculator module 104. LP analysis is a technique well known to those of ordinary skill in the art. In this preferred embodiment, the autocorrelation approach is used. In the autocorrelation approach, the signal $s(n)$ is first windowed using a Hamming window (having usually a length of the order of 30-40 ms). The autocorrelations are computed from the windowed signal, and Levinson-Durbin recursion is used to compute LP filter coefficients, a_i , where $i=1, \dots, p$, and where p is the LP order, which is typically 16 in wideband coding. The parameters a_i are the coefficients of the transfer function of the LP filter, which is given by the following relation:

$$A(z) = 1 + \sum_{i=1}^p a_i z^{-i}$$

[0043] LP analysis is performed in calculator module 104, which also performs the quantization and interpolation of the LP filter coefficients. The LP filter coefficients are first transformed into another equivalent domain more suitable for quantization and interpolation purposes. The line spectral pair (LSP) and immittance spectral pair (ISP) domains are two

domains in which quantization and interpolation can be efficiently performed. The 16 LP filter coefficients, a_i , can be quantized in the order of 30 to 50 bits using split or multi-stage quantization, or a combination thereof. The purpose of the interpolation is to enable updating the LP filter coefficients every subframe while transmitting them once every frame, which improves the encoder performance without increasing the bit rate. Quantization and interpolation of the LP filter coefficients are believed to be otherwise well known to those of ordinary skill in the art and, accordingly, will not be further described in the present specification.

[0042] The following paragraphs will describe the rest of the coding operations performed on a subframe basis. In the following description, the filter $A(z)$ denotes the unquantized interpolated LP filter of the subframe, and the filter $\hat{A}(z)$ denotes the quantized interpolated LP filter of the subframe.

10 Perceptual Weighting:

[0043] In analysis-by-synthesis encoders, the optimum pitch and innovation parameters are searched by minimizing the mean squared error between the input speech and the synthesized speech in a perceptually weighted domain. This is equivalent to minimizing the error between the weighted input speech and weighted synthesis speech.

[0044] The weighted signal $s_w(n)$ is computed in a perceptual weighting filter 105. Traditionally, the weighted signal $s_w(n)$ is computed by a weighting filter having a transfer function $W(z)$ in the form:

$$W(z) = A(z/\gamma_1) / A(z/\gamma_2) \text{ where } 0 < \gamma_2 < \gamma_1 \leq 1$$

[0045] As well known to those of ordinary skill in the art, in former analysis-by-synthesis (AbS) encoders, analysis shows that the quantization error is weighted by a transfer function $W^{-1}(z)$, which is the inverse of the transfer function of the perceptual weighting filter 105. This result is well described by B.S. Atal and M.R. Schroeder in "Predictive coding of speech and subjective error criteria", IEEE Transaction ASSP, vol. 27, no. 3, pp. 247-254, June 1979. Transfer function $W^{-1}(z)$ exhibits some of the formant structure of the input speech signal. Thus, the masking property of the human ear is exploited by shaping the quantization error so that it has more energy in the formant regions where it will be masked by the strong signal energy present in these regions. The amount of weighting is controlled by the factors γ_1 and γ_2 .

[0046] The above traditional perceptual weighting filter 105 works well with telephone band signals. However, it was found that this traditional perceptual weighting filter 105 is not suitable for efficient perceptual weighting of wideband signals. It was also found that the traditional perceptual weighting filter 105 has inherent limitations in modelling the formant structure and the required spectral tilt concurrently. The spectral tilt is more pronounced in wideband signals due to the wide dynamic range between low and high frequencies. To solve this problem, it has been suggested to add a tilt filter into $W(z)$ in order to control the tilt and formant weighting of the wideband input signal separately.

[0047] A better solution to this problem is to introduce the preemphasis filter 103 at the input, compute the LP filter $A(z)$ based on the preemphasized speech $s(n)$, and use a modified filter $W(z)$ by fixing its denominator.

[0048] LP analysis is performed in module 104 on the preemphasized signal $s(n)$ to obtain the LP filter $A(z)$. Also, a new perceptual weighting filter 105 with fixed denominator is used. An example of transfer function for this perceptual weighting filter 104 is given by the following relation:

$$W(z) = A(z/\gamma_1) / (1 - \gamma_2 z^{-1}) \text{ where } 0 < \gamma_2 < \gamma_1 \leq 1$$

[0049] A higher order can be used at the denominator. This structure substantially decouples the formant weighting from the tilt.

[0050] Note that because $A(z)$ is computed based on the preemphasized speech signal $s(n)$, the tilt of the filter $1/A(z/\gamma_1)$ is less pronounced compared to the case when $A(z)$ is computed based on the original speech. Since deemphasis is performed at the decoder end using a filter having the transfer function:

$$P^{-1}(z) = 1/(1 - \mu z^{-1}),$$

the quantization error spectrum is shaped by a filter having a transfer function $W^{-1}(z)P^{-1}(z)$. When γ_1 is set equal to μ , which is typically the case, the spectrum of the quantization error is shaped by a filter whose transfer function is $1/A(z/\gamma_1)$, with $A(z)$ computed based on the preemphasized speech signal. Subjective listening showed that this structure for achieving the error shaping by a combination of preemphasis and modified weighting filtering is very efficient for encoding wideband signals, in addition to the advantages of ease of fixed-point algorithmic implementation.

55 Pitch Analysis:

[0051] In order to simplify the pitch analysis, an open-loop pitch lag T_{OL} is first estimated in the open-loop pitch search module 106 using the weighted speech signal $s_w(n)$. Then the closed-loop pitch analysis, which is performed in closed-

EP 1 354 315 B1

loop pitch search module 107 on a subframe basis, is restricted around the open-loop pitch lag T_{OL} which significantly reduces the search complexity of the LTP parameters T and b (pitch lag and pitch gain). Open-loop pitch analysis is usually performed in module 106 once every 10 ms (two subframes) using techniques well known to those of ordinary skill in the art.

- 5 [0052] The target vector \mathbf{x} for LTP (Long Term Prediction) analysis is first computed. This is usually done by subtracting the zero-input response \mathbf{s}_0 of weighted synthesis filter $W(z)/\hat{A}(z)$ from the weighted speech signal $s_w(n)$. This zero-input response \mathbf{s}_0 is calculated by a zero-input response calculator 108. More specifically, the target vector \mathbf{x} is calculated using the following relation:

10

$$\mathbf{x} = \mathbf{s}_w - \mathbf{s}_0$$

15 where \mathbf{x} is the N -dimensional target vector, \mathbf{s}_w is the weighted speech vector in the subframe, and \mathbf{s}_0 is the zero-input response of filter $W(z)/\hat{A}(z)$ which is the output of the combined filter $W(z)/\hat{A}(z)$ due to its initial states. The zero-input response calculator 108 is responsive to the quantized interpolated LP filter $\hat{A}(z)$ from the LP analysis, quantization and interpolation calculator 104 and to the initial states of the weighted synthesis filter $W(z)/\hat{A}(z)$ stored in memory module 111 to calculate the zero-input response \mathbf{s}_0 (that part of the response due to the initial states as determined by setting the inputs equal to zero) of filter $W(z)/\hat{A}(z)$. This operation is well known to those of ordinary skill in the art and, accordingly, will not be further described.

20 [0053] Of course, alternative but mathematically equivalent approaches can be used to compute the target vector \mathbf{x} .

[0054] A N -dimensional impulse response vector \mathbf{h} of the weighted synthesis filter $W(z)/\hat{A}(z)$ is computed in the impulse response generator 109 using the LP filter coefficients $A(z)$ and $\hat{A}(z)$ from module 104. Again, this operation is well known to those of ordinary skill in the art and, accordingly, will not be further described in the present specification.

25 [0055] The closed-loop pitch (or pitch codebook) parameters b , T and j are computed in the closed-loop pitch search module 107, which uses the target vector \mathbf{x} , the impulse response vector \mathbf{h} and the open-loop pitch lag T_{OL} as inputs. Traditionally, the pitch prediction has been represented by a pitch filter having the following transfer function:

30

$$1 / (1 - bz^{-T})$$

35 where b is the pitch gain and T is the pitch delay or lag. In this case, the pitch contribution to the excitation signal $u(n)$ is given by $bu(n-T)$, where the total excitation is given by

40

$$u(n) = bu(n-T) + gc_k(n)$$

45

with g being the innovative codebook gain and $c_k(n)$ the innovative codevector at index k .

[0056] This representation has limitations if the pitch lag T is shorter than the subframe length N . In another representation, the pitch contribution can be seen as a pitch codebook containing the past excitation signal. Generally, each vector in the pitch codebook is a shift-by-one version of the previous vector (discarding one sample and adding a new sample). For pitch lags $T > N$, the pitch codebook is equivalent to the filter structure $(1/(1-bz^T))$, and a pitch codebook vector $v_T(n)$ at pitch lag T is given by

50

$$v_T(n) = u(n-T), \quad n=0, \dots, N-1.$$

55 [0057] For pitch lags T shorter than N , a vector $v_T(n)$ is built by repeating the available samples from the past excitation until the vector is completed (this is not equivalent to the filter structure).

[0058] In recent encoders, a higher pitch resolution is used which significantly improves the quality of voiced sound segments. This is achieved by oversampling the past excitation signal using polyphase interpolation filters. In this case, the vector $v_T(n)$ usually corresponds to an interpolated version of the past excitation, with pitch lag T being a non-integer

delay (e.g. 50.25).

[0059] The pitch search consists of finding the best pitch lag T and gain b that minimize the mean squared weighted error E between the target vector \mathbf{x} and the scaled filtered past excitation. Error E being expressed as:

5

$$E = \| \mathbf{x} - b\mathbf{y}_T \|^2$$

10 where \mathbf{y}_T is the filtered pitch codebook vector at pitch lag T :

15

$$\mathbf{y}_T(n) = \mathbf{v}_T(n) * h(n) = \sum_{i=0}^n v_T(i)h(n-i), \quad n=0, \dots, N-1.$$

[0060] It can be shown that the error E is minimized by maximizing the search criterion

20

$$C = \frac{\mathbf{x}^t \mathbf{y}_T}{\sqrt{\mathbf{y}_T^t \mathbf{y}_T}}$$

25

where t denotes vector transpose.

[0061] In a preferred embodiment, a 1/3 subsample pitch resolution is used, and the pitch (pitch codebook) search is composed of three stages.

30 **[0062]** In the first stage, an open-loop pitch lag T_{OL} is estimated in open-loop pitch search module 106 in response to the weighted speech signal $s_w(n)$. As indicated in the foregoing description, this open-loop pitch analysis is usually performed once every 10 ms (two subframes) using techniques well known to those of ordinary skill in the art.

[0063] In the second stage, the search criterion C is searched in the closed-loop pitch search module 107 for integer pitch lags around the estimated open-loop pitch lag T_{OL} (usually ± 5), which significantly simplifies the search procedure.

35 The following description proposes a simple procedure for updating the filtered codevector \mathbf{y}_T without the need to compute the convolution for every pitch lag.

[0064] Once an optimum integer pitch lag is found in the second stage, a third stage of the search (module 107) tests the fractions around that optimum integer pitch lag.

40 **[0065]** When the pitch predictor is represented by a filter of the form $1/(1-bz^{-T})$, which is a valid assumption for pitch lags $T > N$, the spectrum of the pitch filter exhibits a harmonic structure over the entire frequency range, with a harmonic frequency related to $1/T$. In case of wideband signals, this structure is not very efficient since the harmonic structure in wideband signals does not cover the entire extended spectrum. The harmonic structure exists only up to a certain frequency, depending on the speech segment. Thus, in order to achieve efficient representation of the pitch contribution in voiced segments of wideband speech, the pitch prediction filter needs to have the flexibility of varying the amount of periodicity over the wideband spectrum.

45 **[0066]** An improved method capable of achieving efficient modeling of the harmonic structure of the speech spectrum of wideband signals is disclosed in the present specification, whereby several forms of low pass filters are applied to the past excitation and the low pass filter with higher prediction gain is selected.

50 **[0067]** When subsample pitch resolution is used, the low pass filters can be incorporated into the interpolation filters used to obtain the higher pitch resolution. In this case, the third stage of the pitch search, in which the fractions around the chosen integer pitch lag are tested, is repeated for the several interpolation filters having different low-pass characteristics and the fraction and filter index which maximize the search criterion C are selected.

55 **[0068]** A simpler approach is to complete the search in the three stages described above to determine the optimum fractional pitch lag using only one interpolation filter with a certain frequency response, and select the optimum low-pass filter shape at the end by applying the different predetermined low-pass filters to the chosen pitch codebook vector \mathbf{v}_T and select the low-pass filter which minimizes the pitch prediction error. This approach is discussed in detail below.

[0069] Figure 3 illustrates a schematic block diagram of a preferred embodiment of the proposed, latter approach.

[0070] In memory module 303, the past excitation signal $u(n)$, $n < 0$, is stored. The pitch codebook search module 301

is responsive to the target vector \mathbf{x} , to the open-loop pitch lag T_{OL} and to the past excitation signal $u(n)$, $n < 0$, from memory module 303 to conduct a pitch codebook (pitch codebook) search minimizing the above-defined search criterion C . From the result of the search conducted in module 301, module 302 generates the optimum pitch codebook vector \mathbf{v}_T . Note that since a sub-sample pitch resolution is used (fractional pitch), the past excitation signal $u(n)$, $n < 0$, is interpolated and the pitch codebook vector \mathbf{v}_T corresponds to the interpolated past excitation signal. In this preferred embodiment, the interpolation filter (in module 301, but not shown) has a low-pass filter characteristic removing the frequency contents above 7000 Hz.

[0071] In a preferred embodiment, K filter characteristics are used; these filter characteristics could be low-pass or band-pass filter characteristics. Once the optimum codevector \mathbf{v}_T is determined and supplied by the pitch codevector generator 302, K filtered versions of \mathbf{v}_T are computed respectively using K different frequency shaping filters such as

305^(j), where $j=1, 2, \dots, K$. These filtered versions are denoted $\mathbf{v}_f^{(j)}$, where $j=1, 2, \dots, K$. The different vectors $\mathbf{v}_f^{(j)}$ are convolved in respective modules 304^(j), where $j=0, 1, 2, \dots, K$, with the impulse response \mathbf{h} to obtain the vectors $\mathbf{y}^{(j)}$, where $j=0, 1, 2, \dots, K$. To calculate the mean squared pitch prediction error for each vector $\mathbf{y}^{(j)}$, the value $\mathbf{y}^{(j)}$ is multiplied by the gain b by means of a corresponding amplifier 307^(j) and the value $b\mathbf{y}^{(j)}$ is subtracted from the target vector \mathbf{x} by means of a corresponding subtractor 308^(j). Selector 309 selects the frequency shaping filter 305^(j) which minimizes the mean squared pitch prediction error

$$e^{(j)} = \|\mathbf{x} - b^{(j)}\mathbf{y}^{(j)}\|^2, \quad j=1, 2, \dots, K$$

[0072] To calculate the mean squared pitch prediction error $e^{(j)}$ for each value of $\mathbf{y}^{(j)}$, the value $\mathbf{y}^{(j)}$ is multiplied by the gain b by means of a corresponding amplifier 307^(j) and the value $b^{(j)}\mathbf{y}^{(j)}$ is subtracted from the target vector \mathbf{x} by means of subtractors 308^(j). Each gain $b^{(j)}$ is calculated in a corresponding gain calculator 306^(j) in association with the frequency shaping filter at index j , using the following relationship:

$$b^{(j)} = \mathbf{x}^T \mathbf{y}^{(j)} / \|\mathbf{y}^{(j)}\|^2.$$

[0073] In selector 309, the parameters b , T , and j are chosen based on \mathbf{v}_T or $\mathbf{v}_f^{(j)}$ which minimizes the mean squared pitch prediction error e .

[0074] Referring back to Figure 1, the pitch codebook index T is encoded and transmitted to multiplexer 112. The pitch gain b is quantized and transmitted to multiplexer 112. With this new approach, extra information is needed to encode the index j of the selected frequency shaping filter in multiplexer 112. For example, if three filters are used ($j=0, 1, 2, 3$), then two bits are needed to represent this information. The filter index information j can also be encoded jointly with the pitch gain b .

Innovative codebook:

[0075] Once the pitch, or LTP (Long Term Prediction) parameters b , T , and j are determined, the next step is to search for the optimum innovative excitation by means of search module 110 of Figure 1. First, the target vector \mathbf{x} is updated by subtracting the LTP contribution:

$$\mathbf{x}_2 = \mathbf{x} - b\mathbf{y}_T$$

where b is the pitch gain and \mathbf{y}_T is the filtered pitch codebook vector (the past excitation at delay T filtered with the selected low pass filter and convolved with the impulse response \mathbf{h} as described with reference to Figure 3).

[0076] The search procedure in CELP is performed by finding the optimum excitation codevector \mathbf{c}_k and gain g which minimize the mean-squared error between the target vector and the scaled filtered codevector

$$E = \| \mathbf{x}_2 - g\mathbf{H}\mathbf{c}_k \|^2$$

5

where H is a lower triangular convolution matrix derived from the impulse response vector \mathbf{h} .

[0077] It is worth noting that the used innovation codebook is a dynamic codebook consisting of an algebraic codebook followed by an adaptive prefilter $F(z)$ which enhances special spectral components in order to improve the synthesis speech quality, according to US Patent No. 5,444,816. Different methods can be used to design this prefilter. Here, a design relevant to wideband signals is used whereby $F(z)$ consists of two parts: a periodicity enhancement part $1/(1-0.85z^{-T})$ and a tilt part $(1-\beta_1 z^{-1})$, where T is the integer part of the pitch lag and β_1 is related to the voicing of the previous subframe and is bounded by [0.0, 0.5]. Note that prior to the codebook search, the impulse response $h(n)$ must include the prefilter $F(z)$. That is,

15

$$h(n) \leftarrow h(n) + \beta h(n-T)$$

[0078] Preferably, the innovative codebook search is performed in module 110 by means of an algebraic codebook as described in US Patents Nos: 5,444,816 (Adoul et al.) issued on August 22, 1995; 5,699,482 granted to Adoul et al., on December 17, 1997; 5,754,976 granted to Adoul et al., on May 19, 1998; and 5,701,392 (Adoul et al.) dated December 23, 1997.

[0079] There are many ways to design an algebraic codebook. In the presently described embodiment, the algebraic codebook is composed of codevectors having N_p non-zero-amplitude pulses (or non-zero pulses for short) p_i .

[0080] Let us call m_i and β_i the position and amplitude of the i^{th} non-zero pulse, respectively. We will assume that the amplitude β_i is known either because the i^{th} amplitude is fixed or because there exists some method for selecting β_i prior to the codebook search. The preselection of the pulse amplitudes is performed according to the method as described in the above mentioned US Patent No. 5,754,976.

[0081] Let us call "track i ", denoted T_i the set of positions p_i that the i^{th} non-zero pulse can occupy between 0 and $N-1$. Some typical sets of tracks are given below assuming $N=64$.

[0082] Several design examples have been introduced in US Patent No. 5,444,816 and referred to as "Interleaved Single Pulse Permutations" (ISPP). These examples were based on a codevector length of $N=40$ samples.

[0083] Here we give new design examples based on a codevector length of $N=64$ and on an "Interleaved Single-Pulse Permutations" structure ISPP(64,4) given in Table 1.

Table 1: ISPP(64,4) design.

Track no	Valid pulse positions in each track
0	0, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 40, 44, 48, 52, 56, 60
1	1, 5, 9, 13, 17, 21, 25, 29, 33, 37, 41, 45, 49, 53, 57, 61
2	2, 6, 10, 14, 18, 22, 26, 30, 34, 38, 42, 46, 50, 54, 58, 62
3	3, 7, 11, 15, 19, 23, 27, 31, 35, 39, 43, 47, 51, 55, 59, 63

45

[0084] In the ISPP(64,4) design, a set of 64 positions is partitioned in 4 interleaved tracks of $60/4 = 16$ valid positions each. Four bits are required to specify the $16 = 2^4$ valid positions of a given non-zero pulse. There are many ways to derive a codebook structure and this ISPP design to accommodate particular requirements in terms of number of pulses or coding bits. Several codebooks can be designed based on this structure by varying the number of non-zero pulses that can be placed in each track.

[0085] If a single signed non-zero pulse is placed in each track, the pulse position is encoded with 4 bits and its sign (if we consider that each non-zero pulse can be either positive or negative) is encoded with 1 bit. Therefore a total of $4 \times (4+1) = 20$ coding bits are required to specify pulse positions and signs for this particular algebraic codebook structure.

[0086] If two signed non-zero pulses are placed in each track, the two pulse positions are encoded with 8 bits and their corresponding signs can be encoded with only 1 bit by exploiting the pulse ordering (this will be detailed later in the present specification). Therefore a total of $4 \times (4+4+1) = 36$ coding bits are required to specify pulse positions and signs for this particular algebraic codebook structure.

[0087] Other codebook structures can be designed by placing 3, 4, 5, or 6 non-zero pulses in each track. Methods for efficiently coding the pulse positions and signs in such structures will be disclosed later.

[0088] Further, other codebooks can be designed by placing unequal number of non-zero pulses in different tracks, or by ignoring certain tracks or by joining certain tracks. For example, a codebook can be designed by placing 3 non-zero pulses in tracks T_0 and T_2 , and 2 non-zero pulses in tracks T_1 and T_3 ($13+9+13+9 = 42$ bit codebook). Other codebooks can be designed by considering the union of tracks T_2 and T_3 and placing non-zero pulses in tracks T_0 , T_1 , and $T_2 \cup T_3$.

[0089] As can be seen a great variety of codebooks can be built around the general theme of ISPP designs.

10 **Efficient coding of pulse positions and signs (codebook indexing):**

[0090] Here, several cases for placing from 1 to 6 signed non-zero pulses per track will be considered, and methods for efficiently jointly coding pulse positions and signs in a given track are disclosed.

15 [0091] First we will give examples of coding 1 non-zero pulse and 2 non-zero pulses per track. Coding 1 signed non-zero pulse per track is straightforward and coding 2 signed non-zero pulses per track has been described in the literature, in the EFR speech coding standard (Global System for Mobile Communications, GSM 06.60, "Digital cellular telecommunications system; Enhanced Full Rate (EFR) speech transcoding," European Telecommunication Standard Institute, 1996).

20 [0092] After having presented a method for encoding 2 signed non-zero pulses, methods for efficiently coding 3, 4, 5, and 6 signed non-zero pulses per track will be disclosed.

Coding 1 signed pulse per track

25 [0093] In a track of length K , one signed non-zero pulse requires 1 bit for the sign and $\log_2(K)$ bits for the position. We will consider here the special case where $K=2^M$, which means that M bits are needed to encode the pulse position. Thus a total of $M+1$ bits are needed for one signed non-zero pulse in a track of length $K=2^M$. In this preferred embodiment, the bit representing the sign (sign index) is set to 0 if the non-zero pulse is positive and to 1 if the non-zero pulse is negative. Of course the inverse notation can also be used.

30 [0094] The position index of a pulse in a certain track is given by the pulse position in the subframe divided (integer division) by the pulse spacing in the track. The track index is found by the remainder of this integer division. Taking the example ISPP(64,4) of Table 1, the subframe size is 64 (0-63) and the pulse spacing is 4. A pulse at subframe position 25 has a position index of $25 \text{ DIV } 4 = 6$ and track index of $25 \text{ MOD } 4 = 1$, where DIV denotes integer division and MOD denotes the division remainder. Similarly, a pulse at subframe position of 40 has a position index 10 and track index 0.

35 [0095] The index of one signed non-zero pulse with position index p and sign index s and in a track of length 2^M is given by

$$I_{1p} = p + s \times 2^M.$$

40

[0096] For the case of $K=16$ ($M=4$ bits), the 5-bit index of the signed pulse is represented in the table below:

45

Sign	Position			
	b_3	b_2	b_1	b_0
s				

50 [0097] The procedure code_1 pulse(p, s, M) shows how to encode a pulse at a position index p and sign index s in a track of length 2^M .

55

5

10

Procedure code_1pulse(p, s, M)

Begin

$$I_{1p} = p + s \times 2^M$$

End

[0098] Procedure 1: Coding 1 signed non-zero pulse in a track of length $K=2^M$ using $M+1$ bits.

15 Coding 2 signed pulses per track

[0099] In case of two non-zero pulses per track of $K=2^M$ potential positions, each pulse needs 1 bit for the sign and M bits for the position, which gives a total of $2M+2$ bits. However, some redundancy exists due to the unimportance of the pulse ordering. For example, placing the first pulse at position p and the second pulse at position q is equivalent to placing the first pulse at position q and the second pulse at position p . One bit can be saved by encoding only one sign and deducing the second sign from the ordering of the positions in the index. In this preferred embodiment, the index is given by

25

$$I_{2p} = p_1 + p_0 \times 2^M + s \times 2^{2M}$$

where s is the sign index of the non-zero pulse at position index p_0 .

30 [0100] At the encoder, if the two signs are equal then the smaller position is set to p_0 and the larger position is set to p_1 . On the other hand, if the two signs are not equal then the larger position is set to p_0 and the smaller position is set to p_1 .

[0101] At the decoder, the sign of the non-zero pulse at position p_0 is readily available. The second sign is deduced from the pulse ordering. If the position p_1 is smaller than position p_0 then the sign of the non-zero pulse at position p_1 is opposite to the sign of the non-zero pulse at position p_0 . If the position p_1 is larger than position p_0 then the sign of the non-zero pulse at position p_1 is the same as the sign of the non-zero pulse at position p_0 .

[0102] In this preferred embodiment, the ordering of the bits in the index is shown below. s corresponds to the sign of non-zero pulse p_0 .

40

Sign	Position p_0				Position p_1			
	b_3	b_3	b_2	b_0	b_3	b_2	b_1	b_0
s								

[0103] The procedure for encoding two non-zero pulses with position indices p_0 and p_1 and sign indices σ_0 and σ_1 is shown in Figure 5. This is explained further in Procedure 2 below.

45

50

55

5

```

Procedure code_2pulse([p0 p1], [σ0 σ1], M)
Begin
  If σ0 = σ1 (501 in Figure 5)
    If p0 ≤ p1 (502)
      I2p = p1 + p0 × 2M + σ0 × 22M (503-504)
    If p0 ≥ p1 (see 502)
      I2p = p0 + p1 × 2M + σ0 × 22M (505-504)
  If σ0 ≠ σ1 (501 in Figure 5)
    If p0 ≤ p1 (506)
      I2p = p0 + p1 × 2M + σ1 × 22M
    If p0 ≥ p1 (see 506)
      I2p = p1 + p0 × 2M + σ0 × 22M
End

```

10

15

20

25

30

[0104] Procedure 2: Coding 2 signed non-zero pulses in a track of length $K=2^M$ using $2M+1$ bits.

Coding 3 signed pulses per track

[0105] In case of three non-zero pulses per track, similar logic can be used as the case of two non-zero pulses. For a track with 2^M positions, $3M+1$ bits are needed instead of $3M+3$ bits. A simple way of indexing the non-zero pulses, which is disclosed in the present specification, is to divide the track positions in two halves (or sections) and identify a half that contains at least two non-zero pulses. The number of positions in each section is $K/2 = 2^M/2 = 2^{M-1}$, which can be represented with $M-1$ bits. The two non-zero pulses in the section containing at least two non-zero pulses are encoded with the procedure code_2pulse([p₀ p₁], [s₀ s₁], M-1) which requires $2(M-1)+1$ bits and the remaining pulse which can be anywhere in the track (in either section) is encoded with the procedure code_1pulse(p, s, M) which requires $M+1$ bits. Finally, the index of the section that contains the two non-zero pulses is encoded with 1 bit. Thus the total number of required bits is $2(M-1)+1 + M+1 + 1 = 3M+1$.

[0106] A simple way of checking if two non-zero pulses are positioned in the same half of the track is done by checking whether the most significant bits (MSB) of their position indices are equal or not. This can be simply done by the Exclusive OR logical operation which gives 0 if the MSBs are equal and 1 if not. Note that MSB=0 means that the position belongs to the lower half of the track ($0 - (K/2-1)$) and MSB=1 means it belongs to the upper half ($K/2 - (K-1)$). If the two non-zero pulses belong to the upper half, they need to be shifted to the range ($0-(K/2-1)$) before encoding them using $2(M-1)+1$ bits. This can be done by masking the $M-1$ least significant bits (LSB) with a mask consisting of $M-1$ ones (1's) (which corresponds to the number $2^{M-1} - 1$).

[0107] The procedure for encoding 3 pulses at position indices p₀, p₁, and p₂ and sign indices σ₀, σ₁, and σ₂ is described in the procedure below.

55

5 Procedure code_3pulse([$p_0 \ p_1 \ p_2$], [$\sigma_0 \ \sigma_1 \ \sigma_2$], M)

Begin

If MSB(p_0) XOR MSB(p_1) = 0 (if positions in the same half)

10 $p_0 = p_0 \text{ AND } (2^{M-1} - 1)$ (mask the $M-1$ LSBs)

$p_1 = p_1 \text{ AND } (2^{M-1} - 1)$ (mask the $M-1$ LSBs)

15 $I_{2p} = \text{code_2pulse}([p_0 \ p_1], [\sigma_0 \ \sigma_1], M-1)$

$I_{1p} = \text{code_1pulse}(p_2, \sigma_2, M)$

$I_{3p} = I_{2p} + \text{MSB}(p_0) \times 2^{2M-1} + I_{1p} \times 2^{2M}$

Else If MSB(p_0) XOR MSB(p_2) = 0

20 $p_0 = p_0 \text{ AND } (2^{M-1} - 1)$

$p_2 = p_2 \text{ AND } (2^{M-1} - 1)$

25 $I_{2p} = \text{code_2pulse}([p_0 \ p_2], [\sigma_0 \ \sigma_2], M-1)$

$I_{1p} = \text{code_1pulse}(p_1, \sigma_1, M)$

$I_{3p} = I_{2p} + \text{MSB}(p_0) \times 2^{2M-1} + I_{1p} \times 2^{2M}$

Else (if positions p_1 and p_2 in the same half)

30 $p_1 = p_1 \text{ AND } (2^{M-1} - 1)$

$p_2 = p_2 \text{ AND } (2^{M-1} - 1)$

35 $I_{2p} = \text{code_2pulse}([p_1 \ p_2], [\sigma_1 \ \sigma_2], M-1)$

$I_{1p} = \text{code_1pulse}(p_0, \sigma_0, M)$

$I_{3p} = I_{2p} + \text{MSB}(p_1) \times 2^{2M-1} + I_{1p} \times 2^{2M}$

40 End

[0108] Procedure 3: Coding 3 signed pulses in a track of length $K=2^M$ using $3M+1$ bits.

45 [0109] The table below shows the distribution of the bits in the 13-bit index according to this preferred embodiment for the case of $M=4$ ($K=16$).

Sign	Position of 3 rd pulse					Section index	2 pulses in section k							
							s_0	p_0				p_1		
s	b_3	b_3	b_2	b_0		k	s	b_2	b_1	b_0	b_2	b_1	b_0	

Coding 4 signed pulses per track

55 [0110] The 4 signed non-zero pulses in a track of length $K=2^M$ can be encoded using $4M$ bits.

[0111] Similar to the case of 3 pulses, the K positions in the track are divided into 2 sections (two halves) where each section contains $K/2$ pulse positions. Here we denote the sections as Section A with positions 0 to $K/2-1$ and Section B

EP 1 354 315 B1

with positions $K/2$ to $K-1$. Each section can contain from 0 to 4 non-zero pulses. The table below shows the 5 cases representing the possible number of pulses in each sections:

	<i>Case</i>	<i>Pulses in Section A Pulses</i>	<i>in Section B</i>	<i>Bits needed</i>
5	0	0	4	$4M-3$
	1	1	3	$4M-2$
10	2	2	2	$4M-2$
	3	3	1	$4M-2$
	4	4	0	$4M-3$

[0112] In cases 0 or 4, the 4 pulses in a section of length $K/2=2^{M-1}$ can be encoded using $4(M-1)+1=4M-3$ bits (this will be explained later on).

[0113] In cases 1 or 3, the 1 pulse in a section of length $K/2=2^{M-1}$ can be encoded with $M-1+1 = M$ bits and the 3 pulses in the other section can be encoded with $3(M-1)+1 = 3M-2$ bits. This gives a total of $M+3M-2 = 4M-2$ bits.

[0114] In case 2, the pulses in a section of length $K/2=2^{M-1}$ can be encoded with $2(M-1)+1 = 2M-1$ bits. Thus for both sections, $2(2M-1) = 4M-2$ bits are required.

[0115] Now the case index can be encoded with 2 bits (4 possible cases) assuming cases 0 and 4 are combined. Then for cases 1, 2, or 3, the number of needed bits is $4M-2$. This gives a total of $4M-2 + 2 = 4M$ bits. For cases 0 or 4, 1 bit is needed for identifying either case, and $4M-3$ bits are needed for encoding the 4 pulses in the section. Adding the 2 bits needed for the general case, this gives a total of $1+4M-3+2= 4M$ bits.

[0116] Thus, as can be seen from the description above, the 4 pulses can be encoded with a total of $4M$ bits.

[0117] The procedure of encoding 4 signed non-zero pulses in a track of length $K=2^M$ using $4M$ bits is shown in Procedure 4 below.

[0118] The 4 tables below show the distribution of bits in the index for the different cases described above according to the preferred embodiment where $M=4$ ($K=16$). Encoding 4 signed pulses per track requires 16 bits in this case.

[0119] Cases 0 or 4

Global case	Case 0 or 4	4 pulse in Section A or B
2	1	13

[0120] Cases 1

Global case	1 pulse in Section A	3 pulses in Section B
2	$1+3 = 4$	$1+3+1+1+2+2 = 10$

[0121] Cases 2

Global case	2 pulses in Section A	2 pulses in Section B
2	$1+3+3 = 7$	$1+3+3 = 7$

[0122] Cases 3

Global case	3 pulses in Section A	1 pulse in Section B
2	$1+3+1+1+2+2 = 10$	$1+3 = 4$

Procedure code_4pulse([$p_0 p_1 p_2 p_3$], [$\sigma_0 \sigma_1 \sigma_2 \sigma_3$], M)

Begin

5 Find N_A (number of pulses in Section A) and N_B (number of pulses in Section B)

If $N_A = 0$ and $N_B = 4$

10 $I_{4p_B} = \text{code_4pulse_Section}([p_0 p_1 p_2 p_3], [\sigma_0 \sigma_1 \sigma_2 \sigma_3], M-1)$

$k = 1$ (bit identifying the section containing 4 pulses)

$I_{AB} = I_{4p_B} + k \times 2^{4M-3}$ (total of $4M-2$ bits)

15 If $N_A = 1$ and $N_B = 3$

$I_{1p_A} = \text{code_1pulse}(p, \sigma, M-1)$ (M bits)

$I_{3p_B} = \text{code_3pulse}([p_0 p_1 p_2], [\sigma_0 \sigma_1 \sigma_2], M-1)$ ($3(M-1)+1$ bits)

20 $I_{AB} = I_{3p_B} + I_{1p_A} \times 2^{3(M-1)+1}$ (total of $4M-2$ bits)

If $N_A = 2$ and $N_B = 2$

25 $I_{2p_A} = \text{code_2pulse}([p_0 p_1], [\sigma_0 \sigma_1], M-1)$ ($2(M-1)+1$ bits)

$I_{2p_B} = \text{code_2pulse}([p_2 p_3], [\sigma_2 \sigma_3], M-1)$ ($2(M-1)+1$ bits)

$I_{AB} = I_{2p_B} + I_{2p_A} \times 2^{2(M-1)+1}$ (total of $4M-2$ bits)

If $N_A = 3$ and $N_B = 1$

30 $I_{1p_B} = \text{code_1pulse}(p, \sigma, M-1)$ (M bits)

$I_{3p_A} = \text{code_3pulse}([p_0 p_1 p_2], [\sigma_0 \sigma_1 \sigma_2], M-1)$ ($3(M-1)+1$ bits)

$I_{AB} = I_{1p_B} + I_{3p_A} \times 2^M$ (total of $4M-2$ bits)

35 If $N_A = 4$ and $N_B = 0$

$I_{4p_A} = \text{code_4pulse_Section}([p_0 p_1 p_2 p_3], [\sigma_0 \sigma_1 \sigma_2 \sigma_3], M-1)$

$k = 0$ (bit identifying the section containing 4 pulses)

40 $I_{AB} = I_{4p_A} + k \times 2^{4M-3}$ (total of $4M-2$ bits)

Case = N_A

45 If $N_A = 4$ case = 0 (join cases 0 and 4 such that 2 bits are needed for "case")

$I_{4p} = I_{AB} + \text{case} \times 2^{4M-2}$ (total of $4M$ bits)

50

[0123] Procedure 4: Coding 4 signed non-zero pulses in a track of length $K=2^M$ using $4M$ bits.

[0124] Note that for the cases 0 or 1, where the 4 non-zero pulses are in the same section, $4(M-1)+1 = 4M-3$ bits are needed. This is done using a simple method for encoding 4 non-zero pulses in a Section of length $K/2=2^{M-1}$ bits. This is done by further dividing the section into 2 subsections of length $K/4=2^{M-2}$; identifying a subsection that contains at least 2 non-zero pulses; coding the 2 non-zero pulses in that subsection using $2(M-2)+1=2M-3$ bits; coding the index of the subsection that contains at least 2 non-zero pulses using 1 bit; and coding the remaining 2 non-zero pulses, assuming that they can be anywhere in the section, using $2(M-1)+1=2M-1$ bits. This gives a total of $(2M-3)+(1)+(2M-1)$

= 4M-3 bits.

[0125] Encoding 4 signed non-zero pulses in a Section of length $K/2=2^{M-1}$ using 4M-3 bits is shown in Procedure 4_Section.

5

Procedure code_4pulse_Section($[p_0 \ p_1 \ p_2 \ p_3]$, $[\sigma_0 \ \sigma_1 \ \sigma_2 \ \sigma_3]$, $M-1$)

Begin

If MSB(p_0) XOR MSB(p_1) = 0 (if positions in the same subsection)

$p_0 = p_0 \text{ AND } (2^{M-2} - 1)$ (mask the M-2 LSBs)

$p_1 = p_1 \text{ AND } (2^{M-2} - 1)$ (mask the M-2 LSBs)

$I_{2p_subsec} = \text{code_2pulse}([p_0 \ p_1], [\sigma_0 \ \sigma_1], M-2)$ (2M-3 bits)

$I_{2p_sec} = \text{code_2pulse}([p_2 \ p_3], [\sigma_2 \ \sigma_3], M-1)$ (2M-1 bits)

$I_{4p_sec} = I_{2p_subsec} + \text{MSB}(p_0) \times 2^{2M-3} + I_{2p_sec} \times 2^{2(M-1)}$

Else If MSB(p_0) XOR MSB(p_2) = 0

$p_0 = p_0 \text{ AND } (2^{M-2} - 1)$

$p_2 = p_2 \text{ AND } (2^{M-2} - 1)$

$I_{2p_subsec} = \text{code_2pulse}([p_0 \ p_2], [\sigma_0 \ \sigma_2], M-2)$ (2M-3 bits)

$I_{2p_sec} = \text{code_2pulse}([p_1 \ p_3], [\sigma_1 \ \sigma_3], M-1)$ (2M-1 bits)

$I_{4p_sec} = I_{2p_subsec} + \text{MSB}(p_0) \times 2^{2M-3} + I_{2p_sec} \times 2^{2(M-1)}$

Else

$p_1 = p_1 \text{ AND } (2^{M-2} - 1)$

$p_2 = p_2 \text{ AND } (2^{M-2} - 1)$

$I_{2p_subsec} = \text{code_2pulse}([p_1 \ p_2], [\sigma_1 \ \sigma_2], M-2)$ (2M-3 bits)

$I_{2p_sec} = \text{code_2pulse}([p_0 \ p_3], [\sigma_0 \ \sigma_3], M-1)$ (2M-1 bits)

$I_{4p_sec} = I_{2p_subsec} + \text{MSB}(p_1) \times 2^{2M-3} + I_{2p_sec} \times 2^{2(M-1)}$

End

45

[0126] Procedure 4_Section: Coding 4 signed pulses in a Section of length $K/2=2^{M-1}$ using 4M-3 bits.

Coding 5 signed pulses per track

50

[0127] The 5 signed non-zero pulses in a track of length $K=2^M$ can be encoded using 5M bits.

[0128] Similar to the case of 4 non-zero pulses, the K positions in the track are divided into 2 sections (two halves) where each section contains $K/2$ positions. Here we denote the sections as Section A with positions 0 to $K/2-1$ and Section B with positions $K/2$ to $K-1$. Each section can contain from 0 to 5 pulses. The table below shows the 6 cases representing the possible number of pulses in each sections:

EP 1 354 315 B1

<i>Case</i>	<i>Pulses in Section A</i>	<i>Pulses in Section B</i>	<i>Bits needed</i>
0	0	5	$5M-1$
1	1	4	$5M-1$
2	2	3	$5M-1$
3	3	2	$5M-1$
4	4	1	$5M-1$
5	5	0	$5M-1$

5 [0129] In case 0, 1, and 2, there are at least 3 non-zero pulses in Section B. On the other hand, in cases 3, 4, and 5, there are at least 3 pulses in Section A. Thus, a simple approach to encode the 5 non-zero pulses is to encode the 3 non-zero pulses in the same section using Procedure 3 which requires $3(M-1)+1=3M-2$ bits, and to encode the remaining 2 pulses using Procedure 2 which requires $2M+1$ bits. This gives $5M-1$ bits. An extra bits is needed to identify the section that contains at least 3 non-zero pulses (cases (0,1,2) or cases (3,4,5)). Thus a total of $5M$ bits are needed to encode the 5 signed non-zero pulses.

15 [0130] The procedure of encoding 5 signed pulses in a track of length $K=2^M$ using $5M$ bits is shown in Procedure 5 below.

20 [0131] The 2 tables below show the distribution of bits in the index for the different cases described above according to the preferred embodiment where $M=4$ ($K=16$). Encoding 5 signed non-zero pulses per track requires 20 bits in this case.

[0132] Cases 0, 1, and 2

Section identifier	Minimum 3 pulses in Section B	Other 2 pulses in the track
1	$1 + 3 + 1 + 1 + 2 + 2 = 10$	$1 + 4 + 4 = 9$

[0133] Cases 3, 4, and 5

Section identifier	Minimum 3 pulses in Section A	Other 2 pulses in the track
1	$1 + 3 + 1 + 1 + 2 + 2 = 10$	$1 + 4 + 4 = 9$

35

40

45

50

55

Procedure code_5pulse($[p_0 \ p_1 \ p_2 \ p_3 \ p_4]$, $[\sigma_0 \ \sigma_1 \ \sigma_2 \ \sigma_3 \ \sigma_4]$, M)

Begin

5 Find N_A (number of pulses in Section A) and N_B (number of pulses in Section B)

If $N_A = 0$ and $N_B = 5$

10 $I_{3p} = \text{code_3pulse } ([p_{B0} \ p_{B1} \ p_{B2}], [\sigma_{B0} \ \sigma_{B1} \ \sigma_{B2}], M-1) \quad (3(M-1)+1 \text{ bits})$
 $I_{2p} = \text{code_2pulse}([p_{B3} \ p_{B4}], [\sigma_{B3} \ \sigma_{B4}], M) \quad (2M+1 \text{ bits})$

If $N_A = 1$ and $N_B = 4$

15 $I_{3p} = \text{code_3pulse } ([p_{B0} \ p_{B1} \ p_{B2}], [\sigma_{B0} \ \sigma_{B1} \ \sigma_{B2}], M-1) \quad (3(M-1)+1 \text{ bits})$
 $I_{2p} = \text{code_2pulse}([p_{B3} \ p_{A0}], [\sigma_{B3} \ \sigma_{A0}], M) \quad (2M+1 \text{ bits})$

If $N_A = 2$ and $N_B = 3$

20 $I_{3p} = \text{code_3pulse } ([p_{B0} \ p_{B1} \ p_{B2}], [\sigma_{B0} \ \sigma_{B1} \ \sigma_{B2}], M-1) \quad (3(M-1)+1 \text{ bits})$
 $I_{2p} = \text{code_2pulse}([p_{A0} \ p_{A1}], [\sigma_{A0} \ \sigma_{A1}], M) \quad (2M+1 \text{ bits})$

If $N_A = 3$ and $N_B = 2$

25 $I_{3p} = \text{code_3pulse } ([p_{A0} \ p_{A1} \ p_{A2}], [\sigma_{A0} \ \sigma_{A1} \ \sigma_{A2}], M-1) \quad (3(M-1)+1 \text{ bits})$
 $I_{2p} = \text{code_2pulse}([p_{B0} \ p_{B1}], [\sigma_{B0} \ \sigma_{B1}], M) \quad (2M+1 \text{ bits})$

If $N_A = 4$ and $N_B = 1$

30 $I_{3p} = \text{code_3pulse } ([p_{A0} \ p_{A1} \ p_{A2}], [\sigma_{A0} \ \sigma_{A1} \ \sigma_{A2}], M-1) \quad (3(M-1)+1 \text{ bits})$
 $I_{2p} = \text{code_2pulse}([p_{A3} \ p_{B0}], [\sigma_{A3} \ \sigma_{B0}], M) \quad (2M+1 \text{ bits})$

If $N_A = 5$ and $N_B = 0$

35 $I_{3p} = \text{code_3pulse } ([p_{A0} \ p_{A1} \ p_{A2}], [\sigma_{A0} \ \sigma_{A1} \ \sigma_{A2}], M-1) \quad (3(M-1)+1 \text{ bits})$
 $I_{2p} = \text{code_2pulse}([p_{A3} \ p_{A4}], [\sigma_{A3} \ \sigma_{A4}], M) \quad (2M+1 \text{ bits})$

40 If $N_A < 3 \quad k = 1 \quad \text{else} \quad k=0 \quad \text{(identify section with minimum of 3 pulses)}$
 $I_{5p} = I_{2p} + I_{3p} \times 2^{2M} + k \times 2^{5M-1} \quad \text{(total of } 5M \text{ bits)}$

45

[0134] Procedure 5: Coding 5 signed pulses in a track of length $K=2^M$ using $5M$ bits.

50 Coding 6 signed pulses per track

[0135] The 6 signed pulses in a track of length $K=2^M$ are encoded in this preferred embodiment using $6M-2$ bits.

[0136] Similar to the case of 5 pulses, the K positions in the track are divided into 2 sections (two halves) where each section contains $K/2$ positions. Here we denote the sections as Section A with positions 0 to $K/2-1$ and Section B with positions $K/2$ to $K-1$. Each section can contain from 0 to 6 pulses. The table below shows the 7 cases representing the possible number of pulses in each sections:

	<i>Case</i>	<i>Pulses in Section A</i>	<i>Pulses in Section B</i>	<i>Bits needed</i>
5	0	0	6	$6M-5$
	1	1	5	$6M-5$
	2	2	4	$6M-5$
	3	3	3	$6M-4$
	4	4	2	$6M-5$
	5	5	1	$6M-5$
10	6	6	0	$6M-5$

15 [0137] Note that cases 0 and 6 are similar except that the 6 non-zero pulses are in different sections. Similarly, the difference between cases 1 and 5 as well as cases 2 and 4 is the section that contains more pulses. Therefore these cases can be coupled and an extra bit can be assigned to identify the section that contains more pulses. Since these cases initially need $6M-5$ bits, the coupled cases need $6M-4$ bits taking into account the Section bit.

20 [0138] Thus, we have now 4 states of coupled cases, with 2 extra bits needed for the state. This gives a total of $6M-4+2=6M-2$ bits for the 6 signed non-zero pulses. The coupled cases are shown in the table below.

	<i>Coupled cases</i>	<i>Pulses in Section A or B</i>	<i>Pulses in other Section</i>	<i>Bits needed</i>
25	0, 6	0.	6	$6M-4$
	1, 5	1	5	$6M-4$
	2, 4	2	4	$6M-4$
	3	3	3	$6M-4$

30 [0139] In cases 0 or 6, 1 bit is needed to identify the section which contains 6 non-zero pulses. 5 non-zero pulses in that section are encoded using Procedure 5 which needs $5(M-1)$ bits (since the pulses are confined to that section), and the remaining pulse is encoded using Procedure 1, which requires $1+(M-1)$ bits. Thus a total of $1+5(M-1)+M=6M-4$ bits are needed for this coupled cases. Extra 2 bits are needed to encode the state of the coupled case, giving a total of $6M-2$ bits.

35 [0140] In cases 1 or 5, 1 bit is needed to identify the section which contains 5 pulses. The 5. pulses in that section are encoded using Procedure 5 which needs $5(M-1)$ bits and the pulse in the other section is encoded using Procedure 1, which requires $1+(M-1)$ bits. Thus a total of $1+5(M-1)+M=6M-4$ bits are needed for these coupled cases. Extra 2 bits are needed to encode the state of the coupled cases, giving a total of $6M-2$ bits.

40 [0141] In cases 2 or 4, 1 bit is needed to identify the section which contains 4 non-zero pulses. The 4 pulses in that section are encoded using Procedure 4 which needs $4(M-1)$ bits and the 2 pulses in the other section are encoded using Procedure 2, which requires $1+2(M-1)$ bits. Thus a total of $1+4(M-1)+1+2(M-1)=6M-4$ bits are needed for these coupled cases. Extra 2 bits are needed to encode the state of the case, giving a total of $6M-2$ bits.

45 [0142] In case 3, the 3 non-zero pulses in each section are encoded using Procedure 3 which requires $3(M-1)+1$ bits in each Section. This gives $6M-4$ bits for both sections. Extra 2 bits are needed to encode the state of the case, giving a total of $6M-2$ bits.

[0143] The procedure of encoding 6 signed non-zero pulses in a track of length $K=2^M$ using $6M-2$ bits is shown in Procedure 6 below.

50 [0144] The 2 tables below show the distribution of bits in the index for the different cases described above according to the preferred embodiment where $M=4$ ($K=16$). Encoding 6 signed non-zero pulses per track requires 22 bits in this case.

[0145] Cases 0 and 6

	<i>Coupled case state</i>	<i>6-pulse Section identifier</i>	<i>5 pulses in the section</i>	<i>Other pulse in the section</i>
55	2	1	$5(4-1) = 15$	$1+3 = 4$

[0146] Cases 1 and 5

EP 1 354 315 B1

	Coupled case state	5-pulse Section identifier	5 pulses in the Section	Other pulse in the other section
5	2	1	$5(4-1)=15$	$1+3 = 4$

[0147] Cases 2 and 4

	Coupled case state	4-pulse Section identifier	4 pulses in the Section	Other two pulse in the other section
10	2	1	$4(4-1) = 12$	$1 + 3 = 7$

[0148] Case 3

	Coupled case state	3 pulses in Section A	3 pulse in Section B
15	2	$3(4-1)+1 = 10$	$3(4-1)+1 = 10$

20

25

30

35

40

45

50

55

Procedure code_6pulse([$p_0 p_1 p_2 p_3 p_4 p_5$], [$\sigma_0 \sigma_1 \sigma_2 \sigma_3 \sigma_4 \sigma_5$], M)

5 Begin

 Find N_A (number of pulses in Section A) and N_B (number of pulses in Section B)

 If $N_A = 0$ and $N_B = 6$

10 $I_{5p} = \text{code_5pulse } ([p_{B0} p_{B1} p_{B2} p_{B3} p_{B4}], [\sigma_{B0} \sigma_{B1} \sigma_{B2} \sigma_{B3} \sigma_{B4}], M-1)$
 $I_{1p} = \text{code_1pulse}(p_{B5}, \sigma_{B5}, M-1) \quad (M \text{ bits})$
 $I_{AB} = I_{1p} + I_{5p} \times 2^M + 1 \times 2^{6M-5} \quad (M + (5M-5) + 1 \text{ bits})$

 If $N_A = 1$ and $N_B = 5$

15 $I_{5p} = \text{code_5pulse } ([p_{B0} p_{B1} p_{B2} p_{B3} p_{B4}], [\sigma_{B0} \sigma_{B1} \sigma_{B2} \sigma_{B3} \sigma_{B4}], M-1)$
 $I_{1p} = \text{code_1pulse}(p_{A0}, \sigma_{A0}, M-1) \quad (M \text{ bits})$
 $I_{AB} = I_{1p} + I_{5p} \times 2^M + 1 \times 2^{6M-5} \quad (M + (5M-5) + 1 \text{ bits})$

 If $N_A = 2$ and $N_B = 4$

20 $I_{4p} = \text{code_4pulse } ([p_{B0} p_{B1} p_{B2} p_{B3}], [\sigma_{B0} \sigma_{B1} \sigma_{B2} \sigma_{B3}], M-1) \quad (4(M-1) \text{ bits})$
 $I_{2p} = \text{code_2pulse}([p_{A0} p_{A1}], [\sigma_{A0} \sigma_{A1}], M-1) \quad (2(M-1)+1 \text{ bits})$
 $I_{AB} = I_{2p} + I_{4p} \times 2^{2(M-1)+1} + 1 \times 2^{6M-5} \quad ((2M-1) + (4M-4) + 1 \text{ bits})$

 If $N_A = 3$ and $N_B = 3$

25 $I_{3pA} = \text{code_3pulse } ([p_{A0} p_{A1} p_{A2}], [\sigma_{A0} \sigma_{A1} \sigma_{A2}], M-1) \quad (3(M-1)+1 \text{ bits})$
 $I_{2pB} = \text{code_3pulse } ([p_{B0} p_{B1} p_{B2}], [\sigma_{B0} \sigma_{B1} \sigma_{B2}], M-1) \quad (3(M-1)+1 \text{ bits})$
 $I_{AB} = I_{3pB} + I_{3pA} \times 2^{3(M-1)+1} \quad (3(M-1)+1 + 3(M-1)+1 \text{ bits})$

 If $N_A = 4$ and $N_B = 2$

30 $I_{4p} = \text{code_4pulse } ([p_{A0} p_{A1} p_{A2} p_{A3}], [\sigma_{A0} \sigma_{A1} \sigma_{A2} \sigma_{A3}], M-1) \quad (4(M-1) \text{ bits})$
 $I_{2p} = \text{code_2pulse}([p_{B0} p_{B1}], [\sigma_{B0} \sigma_{B1}], M-1) \quad (2(M-1)+1 \text{ bits})$
 $I_{AB} = I_{2p} + I_{4p} \times 2^{2(M-1)+1} + 0 \times 2^{6M-5} \quad ((2M-1) + (4M-4) + 1 \text{ bits})$

 If $N_A = 5$ and $N_B = 1$

35 $I_{5p} = \text{code_5pulse } ([p_{A0} p_{A1} p_{A2} p_{A3} p_{A4}], [\sigma_{A0} \sigma_{A1} \sigma_{A2} \sigma_{A3} \sigma_{A4}], M-1)$
 $I_{1p} = \text{code_1pulse}(p_{B0}, \sigma_{B0}, M-1) \quad (M \text{ bits})$
 $I_{AB} = I_{1p} + I_{5p} \times 2^M + 0 \times 2^{6M-5} \quad (M + (5M-5) + 1 \text{ bits})$

 If $N_A = 6$ and $N_B = 0$

40 $I_{5p} = \text{code_5pulse } ([p_{A0} p_{A1} p_{A2} p_{A3} p_{A4}], [\sigma_{A0} \sigma_{A1} \sigma_{A2} \sigma_{A3} \sigma_{A4}], M-1)$
 $I_{1p} = \text{code_1pulse}(p_{A5}, \sigma_{A5}, M-1) \quad (M \text{ bits})$
 $I_{AB} = I_{1p} + I_{5p} \times 2^M + 0 \times 2^{6M-5} \quad (M + (5M-5) + 1 \text{ bits})$

45 If $N_A < 4$ $k = N_A$ else $k = 6 - N_A$ (find 4 states of coupled cases)

$I_{6p} = I_{AB} + k \times 2^{6M-4} \quad (\text{total of } 6M-2 \text{ bits})$

50 End

55

[0149] Procedure 6: Coding 6 signed pulses in a track of length $K=2^M$ using $6M-2$ bits.

Examples of codebook structures based on ISPP(64,4)

[0150] Here, different codebook design examples are presented based on ISPP(64,4) design explained above. The track size is $K=16$ requiring $M=4$ bits per track. The different design examples are obtained by changing the number of non-zero pulses per track. 8 possible designs are described below. Other codebooks structures can be easily obtained by choosing different combinations of non-zero pulses per track.

Design 1: 1 pulse per track (20 bit codebook)

[0151] In this example, each non-zero pulse requires $(4+1)$ bits (Procedure 1) giving a total of 20 bits for the 4 pulses in the 4 tracks.

Design 2: 2 pulses per track (36 bit codebook)

[0152] In this example, the two non-zero pulses in each track require $(4+4+1)=9$ bits (Procedure 2) giving a total of 36 bits for the 8 non-zero pulses in the 4 tracks.

Design 3: 3 pulses per track (52 bit codebook)

[0153] In this example, the 3 non-zero pulses in each track require $(3x4+1)=13$ bits (Procedure 3) giving a total of 52 bits for the 12 non-zero pulses in the 4 tracks.

Design 4: 4 pulses per track (64 bit codebook)

[0154] In this example, the 4 non-zero pulses in each track require $(4x4)=16$ bits (Procedure 4) giving a total of 64 bits for the 16 pulses in the 4 tracks.

Design 5: 5 pulse per track (80 bit codebook)

[0155] In this example, the 5 non-zero pulses in each track require $(5x4)=20$ bits (Procedure 5) giving a total of 80 bits for the 20 non-zero pulses in the 4 tracks.

Design 6: 6 pulse per track (88 bit codebook)

[0156] In this example, the 6 non-zero pulses in each track require $(6x4-2)=22$ bits (Procedure 6) giving a total of 88 bits for the 24 non-zero pulses in the 4 tracks.

Design 7: 3 pulses in tracks T_0 and T_2 and 2 pulses in tracks T_1 and T_3 (44 bit codebook)

[0157] In this example, the 3 non-zero pulses tracks T_0 and T_2 require $(3x4+1)=13$ bits (Procedure 3) per track and the 2 non-zero pulses in tracks T_1 and T_3 require $(1+4+4)=9$ bits (Procedure 2) per track. This gives a total of $(13+9+13+9)=44$ bits for the 10 non-zero pulses in the 4 tracks.

Design 8: 5 pulses in tracks T_0 and T_2 and 4 pulses in tracks T_1 and T_3 (72 bit codebook)

[0158] In this example, the 5 non-zero pulses tracks T_0 and T_2 require $(5x4)=20$ bits (Procedure 5) per track and the 4 pulses in tracks T_1 and T_3 require $(4x4)=16$ bits (Procedure 4) per track. This give a total of $(20+16+20+16)=72$ bits for the 18 non-zero pulses in the 4 tracks.

50 Codebook search:

[0159] In this preferred embodiment, a special method for performing depth-first search, described in US patent 5,701,392, is used whereby the memory requirements for storing the elements of the matrix $\mathbf{H}\mathbf{H}$ (which will be defined hereinafter) are significantly reduced. This matrix contains the autocorrelations of the impulse response $h(n)$ and it is needed for performing the search procedure. In this preferred embodiment, only a part of this matrix is computed and stored and the other part is computed online within the search procedure.

[0160] The algebraic codebook is searched by finding the optimum excitation codevector \mathbf{c}_k and gain g which minimize the mean-squared error between the target vector and the scaled filtered codevector

$$E = \| \mathbf{x}_2 - g\mathbf{H}\mathbf{c}_k \|^2$$

5

where \mathbf{H} is a lower triangular convolution matrix derived from the impulse response vector \mathbf{h} . The matrix \mathbf{H} is defined as the lower triangular Toeplitz convolution matrix with diagonal $h(0)$ and lower diagonals $h(1), \dots, h(N-1)$.

[0161] It can be shown that the mean-squared weighted error E can be minimized by maximizing the search criterion

10

$$Q_k = \frac{(\mathbf{x}_2' \mathbf{H} \mathbf{c}_k)^2}{\mathbf{c}_k' \mathbf{H}' \mathbf{H} \mathbf{c}_k} = \frac{(\mathbf{d}' \mathbf{c}_k)^2}{\mathbf{c}_k' \Phi \mathbf{c}_k} = \frac{(R_k)^2}{E_k}.$$

15

where $\mathbf{d} = \mathbf{H}' \mathbf{x}_2$ is the correlation between the target signal $x_2(n)$ and the impulse response $h(n)$ (also known as the backward filtered target vector), and $\Phi = \mathbf{H}' \mathbf{H}$ is the matrix of correlations of $h(n)$.

[0162] The elements of the vector \mathbf{d} are computed by

20

$$d(n) = \sum_{i=n}^{N-1} x_2(i) h(i-n), \quad n = 0, \dots, N-1,$$

25

and the elements of the symmetric matrix Φ are computed by

30

$$\phi(i, j) = \sum_{n=j}^{N-1} h(n-i) h(n-j), \quad i = 0, \dots, N-1, \quad j = i, \dots, N-1.$$

35

[0163] The vector \mathbf{d} and the matrix Φ can be computed prior to the codebook search.

[0164] The algebraic structure of the codebooks allows for very fast search procedures since the innovation vector \mathbf{c}_k contains only a few non-zero pulses. The correlation in the numerator of the search criterion Q_k is given by

40

$$R = \sum_{i=0}^{N_p-1} \beta_i d(m_i)$$

45

where m_i is the position of the i th pulse, β_i is its amplitude, and N_p is the number of pulses. The energy in the denominator of the search criterion Q_k is given by

50

$$E = \sum_{i=0}^{N_p-1} \phi(m_i, m_i) + 2 \sum_{i=0}^{N_p-2} \sum_{j=i+1}^{N_p-1} \beta_i \beta_j \phi(m_i, m_j)$$

55

[0165] To simplify the search procedure, the pulse amplitudes are predetermined by quantizing a certain reference signal $b(n)$. Several methods can be used to define this reference signal. In this preferred embodiment, $b(n)$ is given by

$$b(n) = \sqrt{\frac{E_d}{E_r}} r_{LTP}(n) + \alpha d(n)$$

5

where $E_d = \mathbf{d}'\mathbf{d}$ is the energy of the signal $d(n)$ and $E_r = \mathbf{r}'_{LTP}\mathbf{r}_{LTP}$ is the energy of the signal $r_{LTP}(n)$ which is the residual signal after long term prediction. The scaling factor α controls the amount of dependence of the reference signal on $d(n)$.

[0166] In the signal-selected pulse amplitude approach disclosed in US Patent 5,754,976 the sign of a pulse at position i is set equal to the sign of the reference signal at that position. To simplify the search the signal $d(n)$ and matrix Φ are modified to incorporate the pre-selected signs.

[0167] Let $s_b(n)$ denote the vector containing the signs of $b(n)$. The modified signal $d'(n)$ is given by

$$d'(n) = s_b(n)d(n), \quad n=0, \dots, N-1$$

and the modified autocorrelation matrix Φ' is given by

20

$$\phi'(i, j) = s_b(i)s_b(j)\phi(i, j), \quad i=0, \dots, N-1; \quad j=i, \dots, N-1.$$

25

[0168] The correlation at the numerator of the search criterion Q_k is now given by

30

$$R = \sum_{i=0}^{N_p-1} d'(i)$$

35 and the energy at the denominator of the search criterion Q_k is given by

40

$$E = \sum_{i=0}^{N_p-1} \phi'(m_i, m_i) + 2 \sum_{i=0}^{N_p-2} \sum_{j=i+1}^{N_p-1} \phi'(m_i, m_j)$$

45

[0169] The goal of the search now is to determine the codevector with the best set of N_p pulse positions assuming amplitudes of the pulses have been selected as described above. The basic selection criterion is the maximization of the above mentioned ratio Q_k .

50

[0170] According to US Patent 5,701,392, in order to reduce the search complexity, the pulse positions are determined N_m pulses at a time. More precisely, the N_p available pulses are partitioned into M non-empty subsets of N_m pulses respectively such that $N_1+N_2+\dots+N_M=N_p$. A particular choice of positions for the first $J=N_1+N_2+\dots+N_{m-1}$ pulses considered is called a level- m path or a path of length J . A basic criterion for a path of J pulse positions is the ratio $Q_k(J)$ when only the J relevant pulses are considered.

55

[0171] The search begins with subset #1 and proceeds with subsequent subsets according to a tree structure whereby subset m is searched at the m^{th} level of the tree.

[0172] The purpose of the search at level 1 is to consider the N_1 pulses of subset #1 and their valid positions in order to determine one, or a number of, candidate path(s) of length N_1 which are the tree nodes at level 1.

[0173] The path at each terminating node of level $m-1$ is extended to length $N_1+N_2+\dots+N_m$ at level m by considering N_m new pulses and their valid positions. One, or a number of, candidate extended path(s) are determined to constitute level- m nodes.

[0174] The best codevector corresponds to that path of length N_p which maximizes a given criterion, for example criterion $Q_k(Np)$ with respect to all level- M nodes.

[0175] In this preferred embodiment, 2 pulses are always considered at a time in the search procedure, that is, $N_m=2$. However, instead of assuming that the matrix Φ is precomputed and stored, which requires a memory of $N \times N$ words (64x64= 4k words in this preferred embodiment), a memory-efficient approach is used which significantly reduces the memory requirement. In this new approach, the search procedure is performed in such a way that only a part of the needed elements of the correlation matrix are precomputed and stored. This part is related to the correlations of the impulse response corresponding to potential pulse positions in consecutive tracks, as well as the correlations corresponding to $\phi(j,j)$, $j=0,\dots,N-1$ (that is the elements of the main diagonal of matrix Φ).

[0176] As an example of memory saving, in this preferred embodiment, the subframe size is $N=64$, which means that the correlation matrix is of size $64 \times 64 = 4096$. Since the pulses are searched two pulses at time in consecutive tracks, namely tracks T_0-T_1 , T_1-T_2 , T_2-T_3 , or T_3-T_0 , the correlation elements needed are those corresponding to pulses in adjacent tracks. Since each tracks contains 16 potential positions, there exists $16 \times 16 = 256$ correlation elements corresponding to two adjacent tracks. Thus, with the memory-efficient approach, the elements needed are $4 \times 256 = 1024$ for the four possibilities of adjacent tracks (T_0-T_1 , T_1-T_2 , T_2-T_3 , and T_3-T_0). In addition, 64 correlations in the diagonal of the matrix are needed. Giving a storage requirement of 1088 instead of 4096 words.

[0177] A special form of the depth-first tree search procedure is used in this preferred embodiment, in which two pulses in two consecutive tracks are searched at a time. In order to reduce complexity, a limited number of potential positions of the first pulse are tested. Further, for algebraic codebooks with a large number of pulses, some pulses in the higher levels of the search tree can be fixed.

[0178] In order to guess intelligently which potential pulse positions are considered for the first pulse or in order to fix some pulse positions, a "pulse-position likelihood-estimate vector" \mathbf{b} is used, which is based on speech-related signals. The p^{th} component $b(p)$ of this estimate vector \mathbf{b} characterizes the probability of a pulse occupying position p ($p = 0, 1, \dots, N-1$) in the best codevector we are searching for.

[0179] For a given track, the estimate vector \mathbf{b} indicates the relative probability of each valid position. This property can be used advantageously as a selection criterion in the first few levels of the tree structure in place of the basic selection criterion $Q_k(j)$ which anyhow, in the first few levels operates on too few pulses to provide reliable performance in selecting valid positions.

[0180] In this preferred embodiment, the estimate vector \mathbf{b} is the same reference signal used in pre-selecting the pulse amplitudes described above. That is,

$$35 \quad b(n) = \sqrt{\frac{E_d}{E_r}} r_{LTP}(n) + \alpha d(n)$$

where $E_d = \mathbf{d}'\mathbf{d}$ is the energy of the signal $d(n)$ and $E_r = \mathbf{r}'_{LTP}\mathbf{r}_{LTP}$ is the energy of the signal $r_{LTP}(n)$ which is the residual signal after long term prediction.

[0181] Once the optimum excitation codevector \mathbf{c}_k and its gain g are chosen by module 110, the codebook index k and gain g are encoded and transmitted to multiplexer 112.

[0182] Referring to Figure 1, the parameters b , T , j , $\hat{A}(z)$, k and g are multiplexed through the multiplexer 112 before being transmitted through a communication channel.

45 Memory update:

[0183] In memory module 111 (Figure 1), the states of the weighted synthesis filter $W(z)/\hat{A}(z)$ are updated by filtering the excitation signal $\mathbf{u} = g\mathbf{c}_k + b\mathbf{v}_T$ through the weighted synthesis filter. After this filtering, the states of the filter are memorized and used in the next subframe as initial states for computing the zero-input response in calculator module 108.

[0184] As in the case of the target vector \mathbf{x} , other alternative but mathematically equivalent approaches well known to those of ordinary skill in the art can be used to update the filter states.

DECODER SIDE

[0185] The speech decoding device 200 of Figure 2 illustrates the various steps carried out between the digital input 222 (input stream to the demultiplexer 217) and the output sampled speech 223 (s_{out} from the adder 221).

[0186] Demultiplexer 217 extracts the synthesis model parameters from the binary information received from a digital

input channel. From each received binary frame, the extracted parameters are:

- the short-term prediction parameters (STP) $\hat{A}(z)$ on line 225 (once per frame);
- 5 - the long-term prediction (LTP) parameters T , b , and j (for each subframe); and
- the innovation codebook index k and gain g (for each subframe).

[0187] The current speech signal is synthesized based on these parameters as will be explained hereinbelow.

10 [0188] The innovative codebook 218 is responsive to the index k to produce the innovation codevector \mathbf{c}_k , which is scaled by the decoded gain g through an amplifier 224. In the preferred embodiment, an innovative codebook 218 as described in the above mentioned US Patent Nos. 5,444,816; 5,699,482; 5,754,976; and 5,701,392 is used to represent the innovative codevector \mathbf{c}_k .

15 [0189] The generated scaled codevector $g\mathbf{c}_k$ at the output of the amplifier 224 is processed through an innovation filter 205.

Periodicity enhancement:

20 [0190] The generated scaled codevector $g\mathbf{c}_k$ at the output of the amplifier 224 is also processed through a frequency-dependent pitch enhancer, namely the innovation filter 205.

[0191] Enhancing the periodicity of the excitation signal \mathbf{u} improves the quality in case of voiced segments. This was done in the past by filtering the innovation vector from the innovative codebook (fixed codebook) 218 through a filter in the form $1/(1-\epsilon bz^{-T})$ where ϵ is a factor below 0.5 which controls the amount of introduced periodicity. This approach is less efficient in case of wideband signals since it introduces periodicity over the entire spectrum. A new alternative 25 approach, which is part of the present invention, is disclosed whereby periodicity enhancement is achieved by filtering the innovative codevector \mathbf{c}_k from the innovative (fixed) codebook through an innovation filter 205 ($F(z)$) whose frequency response emphasizes the higher frequencies more than lower frequencies. The coefficients of $F(z)$ are related to the amount of periodicity in the excitation signal \mathbf{u} .

30 [0192] Many methods known to those skilled in the art are available for obtaining valid periodicity coefficients. For example, the value of gain b provides an indication of periodicity. That is, if gain b is close to 1, the periodicity of the excitation signal \mathbf{u} is high, and if gain b is less than 0.5, then periodicity is low.

35 [0193] Another efficient way to derive the filter $F(z)$ coefficients is to relate them to the amount of pitch contribution in the total excitation signal \mathbf{u} . This results in a frequency response depending on the subframe periodicity, where higher frequencies are more strongly emphasized (stronger overall slope) for higher pitch gains. Innovation filter 205 has the effect of lowering the energy of the innovative codevector \mathbf{c}_k at low frequencies when the excitation signal \mathbf{u} is more periodic, which enhances the periodicity of the excitation signal \mathbf{u} at lower frequencies more than higher frequencies. Suggested forms for innovation filter 205 are

$$40 \quad (1) \quad F(z) = 1 - \sigma z^{-I}, \quad \text{or} \quad (2) \quad F(z) = -\alpha z + 1 - \alpha z^{-I}$$

where σ or α are periodicity factors derived from the level of periodicity of the excitation signal \mathbf{u} .

45 [0194] The second three-term form of $F(z)$ is used in a preferred embodiment. The periodicity factor α is computed in the voicing factor generator 204. Several methods can be used to derive the periodicity factor α based on the periodicity of the excitation signal \mathbf{u} . Two methods are presented below.

Method 1:

50 [0195] The ratio of pitch contribution to the total excitation signal \mathbf{u} is first computed in voicing factor generator 204 by

$$55 \quad R_p = \frac{b^2 \mathbf{v}_T' \mathbf{v}_T}{\mathbf{u}' \mathbf{u}} = \frac{b^2 \sum_{n=0}^{N-1} v_T^2(n)}{\sum_{n=0}^{N-1} u^2(n)}$$

where \mathbf{v}_T is the pitch codebook vector, b is the pitch gain, and \mathbf{u} is the excitation signal \mathbf{u} given at the output of the adder 219 by

5

$$\mathbf{u} = g\mathbf{c}_k + b\mathbf{v}_T$$

[0196] Note that the term $b\mathbf{v}_T$ has its source in the pitch codebook (pitch codebook) 201 in response to the pitch lag T and the past value of \mathbf{u} stored in memory 203. The pitch codevector \mathbf{v}_T from the pitch codebook 201 is then processed through a low-pass filter 202 whose cut-off frequency is adjusted by means of the index j from the demultiplexer 217. The resulting codevector \mathbf{v}_T is then multiplied by the gain b from the demultiplexer 217 through an amplifier 226 to obtain the signal $b\mathbf{v}_T$.

[0197] The factor α is calculated in voicing factor generator 204 by

15

$$\alpha = qR_p \quad \text{bounded by } \alpha < q$$

20

where q is a factor which controls the amount of enhancement (q is set to 0.25 in this preferred embodiment).

25

Method 2:

25

[0198] Another method for calculating periodicity factor α is discussed below.

[0199] First, a voicing factor r_v is computed in voicing factor generator 204 by

30

$$r_v = (E_v - E_c) / (E_v + E_c)$$

35

where E_v is the energy of the scaled pitch codevector $b\mathbf{v}_T$ and E_c is the energy of the scaled innovative codevector $g\mathbf{c}_k$. That is

40

$$E_v = b^2 \mathbf{v}_T' \mathbf{v}_T = b^2 \sum_{n=0}^{N-1} v_T^2(n)$$

45

and

45

$$E_c = g^2 \mathbf{c}_k' \mathbf{c}_k = g^2 \sum_{n=0}^{N-1} c_k^2(n)$$

50

[0200] Note that the value of r_v lies between -1 and 1 (1 corresponds to purely voiced signals and -1 corresponds to purely unvoiced signals).

55

[0201] In this preferred embodiment, the factor α is then computed in voicing factor generator 204 by

$$\alpha = 0.125 (1 + r_v)$$

5

which corresponds to a value of 0 for purely unvoiced signals and 0.25 for purely voiced signals.

[0202] In the first, two-term form of $F(z)$, the periodicity factor σ can be approximated by using $\sigma = 2\alpha$ in methods 1 and 2 above. In such a case, the periodicity factor σ is calculated as follows in method 1 above:

10

$$\sigma = 2qR_p \quad \text{bounded by } \sigma < 2q.$$

15

[0203] In method 2, the periodicity factor σ is calculated as follows:

20

$$\sigma = 0.25 (1 + r_v).$$

25

[0204] The enhanced signal c_f is therefore computed by filtering the scaled innovative codevector gc_k through the innovation filter 205 ($F(z)$).

[0205] The enhanced excitation signal u' is computed by the adder 220 as:

$$u' = c_f + bv_T$$

30

[0206] Note that this process is not performed at the encoder 100. Thus, it is essential to update the content of the pitch codebook 201 using the excitation signal u without enhancement to keep synchronism between the encoder 100 and decoder 200. Therefore, the excitation signal u is used to update the memory 203 of the pitch codebook 201 and the enhanced excitation signal u' is used at the input of the LP synthesis filter 206.

35

Synthesis and deemphasis

40

[0207] The synthesized signal s' is computed by filtering the enhanced excitation signal u' through the LP synthesis filter 206 which has the form $1/\hat{A}(z)$, where $\hat{A}(z)$ is the interpolated LP filter in the current subframe. As can be seen in Figure 2, the quantized LP coefficients $\hat{A}(z)$ on line 225 from demultiplexer 217 are supplied to the LP synthesis filter 206 to adjust the parameters of the LP synthesis filter 206 accordingly. The deemphasis filter 207 is the inverse of the preemphasis filter 103 of Figure 1. The transfer function of the deemphasis filter 207 is given by

45

$$D(z) = 1 / (1 - \mu z^{-1})$$

where μ is a preemphasis factor with a value located between 0 and 1 (a typical value is $\mu = 0.7$). A higher-order filter could also be used.

50

[0208] The vector s' is filtered through the deemphasis filter $D(z)$ (module 207) to obtain the vector s_d , which is passed through the high-pass filter 208 to remove the unwanted frequencies below 50 Hz and further obtain s_h .

Oversampling and high-frequency regeneration

55

[0209] The over-sampling module 209 conducts the inverse process of the down-sampling module 101 of Figure 1. In this preferred embodiment, oversampling converts from the 12.8 kHz sampling rate to the original 16 kHz sampling rate, using techniques well known to those of ordinary skill in the art. The oversampled synthesis signal is denoted \hat{s} . Signal \hat{s} is also referred to as the synthesized wideband intermediate signal.

[0210] The oversampled synthesis signal \hat{s} does not contain the higher frequency components which were lost by the downsampling process (module 101 of Figure 1) at the encoder 100. This gives a low-pass perception to the synthesized speech signal. To restore the full band of the original signal, a high frequency generation procedure is disclosed. This procedure is performed in modules 210 to 216, and adder 221, and requires input from voicing factor generator 204 (Figure 2).

[0211] In this new approach, the high frequency contents are generated by filling the upper part of the spectrum with a white noise properly scaled in the excitation domain, then converted to the speech domain, preferably by shaping it with the same LP synthesis filter used for synthesizing the down-sampled signal \hat{s} .

[0212] The high frequency generation procedure in accordance with the present invention is described hereinbelow.

[0213] The random noise generator 213 generates a white noise sequence w' with a flat spectrum over the entire frequency bandwidth, using techniques well known to those of ordinary skill in the art. The generated sequence is of length N' which is the subframe length in the original domain. Note that N is the subframe length in the down-sampled domain. In this preferred embodiment, $N=64$ and $N'=80$ which correspond to 5 ms.

[0214] The white noise sequence is properly scaled in the gain adjusting module 214. Gain adjustment comprises the following steps. First, the energy of the generated noise sequence w' is set equal to the energy of the enhanced excitation signal u' computed by an energy computing module 210, and the resulting scaled noise sequence is given by

$$w(n) = w'(n) \sqrt{\frac{\sum_{n=0}^{N-1} u'^2(n)}{\sum_{n=0}^{N'-1} w'^2(n)}}, \quad n=0, \dots, N'-1.$$

25

[0215] The second step in the gain scaling is to take into account the high frequency contents of the synthesized signal at the output of the voicing factor generator 204 so as to reduce the energy of the generated noise in case of voiced segments (where less energy is present at high frequencies compared to unvoiced segments). Preferably, measuring the high frequency contents is implemented by measuring the tilt of the synthesis signal through a spectral tilt calculator 212 and reducing the energy accordingly. Other measurements such as zero crossing measurements can equally be used. When the tilt is very strong, which corresponds to voiced segments, the noise energy is further reduced. The tilt factor is computed in module 212 as the first correlation coefficient of the synthesis signal s_h and it is given by:

35

$$\text{tilt} = \frac{\sum_{n=1}^{N-1} s_h(n)s_h(n-1)}{\sum_{n=0}^{N-1} s_h^2(n)}, \quad \text{conditioned by } \text{tilt} \geq 0 \text{ and } \text{tilt} \geq r_v.$$

40

where voicing factor r_v is given by

45

$$r_v = (E_v - E_c) / (E_v + E_c)$$

50 where E_v is the energy of the scaled pitch codevector bv_T and E_c is the energy of the scaled innovative codevector gc_k , as described earlier. Voicing factor r_v is most often less than tilt but this condition was introduced as a precaution against high frequency tones where the tilt value is negative and the value of r_v is high. Therefore, this condition reduces the noise energy for such tonal signals.

[0216] The tilt value is 0 in case of flat spectrum and 1 in case of strongly voiced signals, and it is negative in case of unvoiced signals where more energy is present at high frequencies.

[0217] Different methods can be used to derive the scaling factor g_t from the amount of high frequency contents. In this invention, two methods are given based on the tilt of signal described above.

Method 1:

[0218] The scaling factor g_t is derived from the tilt by

5

$$g_t = 1 - \text{tilt} \quad \text{bounded by} \quad 0.2 \leq g_t \leq 1.0$$

$g_t = 1 - \text{tilt}$ bounded by $0.2 \leq g_t \leq 1.0$

[0219] For strongly voiced signal where the tilt approaches 1, g_t is 0.2 and for strongly unvoiced signals g_t becomes 1.0.

Method 2:

[0220] The tilt factor g_t is first restricted to be larger or equal to zero, then the scaling factor is derived from the tilt by

15

$$g_t = 10^{-0.6\text{tilt}}$$

20

[0221] . The scaled noise sequence w_g produced in gain adjusting module 214 is therefore given by:

25

$$w_g = g_t w'$$

[0222] When the tilt is close to zero, the scaling factor g_t is close to 1, which does not result in energy reduction. When the tilt value is 1, the scaling factor g_t results in a reduction of 12 dB in the energy of the generated noise.

[0223] Once the noise is properly scaled (w_g), it is brought into the speech domain using the spectral shaper 215. In the preferred embodiment, this is achieved by filtering the noise w_g through a bandwidth expanded version of the same LP synthesis filter used in the down-sampled domain ($1/\hat{A}(z/0.8)$). The corresponding bandwidth expanded LP filter coefficients are calculated in the spectral shaper 215.

[0224] The filtered scaled noise sequence w_g is then band-pass filtered to the required frequency range to be restored using the band-pass filter 216. In the preferred embodiment, the band-pass filter 216 restricts the noise sequence to the frequency range 5.6-7.2 kHz. The resulting band-pass filtered noise sequence z is added in adder 221 to The oversampled synthesized speech signal \hat{s} to obtain the final reconstructed sound signal S_{out} on the output 223.

Claims

40

1. A method of indexing pulse positions and amplitudes in an algebraic codebook for efficient encoding and decoding of a sound signal,
wherein:

45

- the codebook comprises a set of pulse amplitude/position combinations;
- each pulse amplitude/position combination defines a number of different positions and comprises both zero-amplitude pulses and non-zero-amplitude pulses assigned to respective positions of the combination; and
- each non-zero-amplitude pulse assumes one of a plurality of possible amplitudes; and

50

wherein said indexing method comprises:

55

- forming a set of at least one track of said pulse positions, wherein the position of each non-zero amplitude pulse of each pulse amplitude/position combination is restrained to one track of said set;
- indexing according to a first procedure, hereinafter named procedure 1, the position and amplitude of one non-zero-amplitude pulse when only the position of said one non-zero-amplitude pulse is located in one track of said set;
- indexing according to a second procedure, hereinafter named procedure 2, the positions and amplitudes of two non-zero-amplitude pulses when only the positions of said two non-zero-amplitude pulses are located in

one track of said set; and

- when the positions of a number X of non-zero-amplitude pulses are located in one track of said set, wherein $X \geq 3$:

- 5 • dividing the positions of said one track into two sections;
 • using a further procedure associated with said number X, hereinafter named procedure X, for indexing the positions and amplitudes of said X non-zero-amplitude pulses, said procedure X comprising:

- 10 ■ identifying in which one of the two track sections each non-zero-amplitude pulse is located;
 ■ calculating subindices of said X non-zero-amplitude pulses using the procedures 1 and 2 in at least one of the said track sections and the entire track; and
 ■ calculating a position-and-amplitude index of said X non-zero-amplitude pulses by combining said subindices.

15 2. A method of indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 1, comprising interleaving the pulse positions of each track with the pulse positions of the other tracks.

20 3. A method of indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 1, wherein calculating a position-and-amplitude index of said X non-zero-amplitude pulses comprises:

25 calculating at least one intermediate index by combining at least two of said subindices; and
 calculating the position-and-amplitude index of said X non-zero-amplitude pulses by combining the remaining subindices and said at least one intermediate index.

30 4. A method of indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 1, wherein said procedure 1 comprises producing a position-and-amplitude index including a position index indicative of the position of said one non-zero-amplitude pulse in said one track, and an amplitude index indicative of the amplitude of said one non-zero-amplitude pulse.

35 5. A method of indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 4, wherein the position index comprises a first group of bits, and the amplitude index comprises at least one bit.

40 6. A method of indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 5, in which said at least one bit of the amplitude index is a bit of higher rank.

45 7. A method of indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 5, wherein said plurality of possible amplitudes of each non-zero-amplitude pulse comprises +1 and -1, and wherein said at least one bit of the amplitude index is a sign bit.

50 8. A method of indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 1, wherein:

45 said plurality of possible amplitudes of each non-zero-amplitude pulse comprises +1 and -1; and
 the procedure 1 comprises producing a position-and-amplitude index of said one non-zero-amplitude pulse having the form:

$$I_{1p} = p + s \times 2^M$$

55 wherein p is a position index of said one non-zero-amplitude pulse in said one track, s is a sign index of said one non-zero-amplitude pulse, and 2^M is the number of positions in said one track.

55 9. A method of indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 8, wherein the number of positions in said one track is 16, and wherein the position-and-amplitude index is a 5-bit index represented in the following table:

Sign	Position				
	b ₃	b ₂	b ₁	b ₀	
s					

10. A method of indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 1, wherein said procedure 2 comprises producing a position-and-amplitude index including:

5 first and second position indices respectively indicative of the positions of the two non-zero-amplitude pulses in said one track; and
an amplitude index indicative of the amplitudes of said two non-zero-amplitude pulses.

11. A method of indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 10, wherein, in the position-and-amplitude index:

10 the amplitude index comprises at least one bit;
the first position index comprises a first group of bits; and
the second position index comprises a second group of bits.

15 12. A method of indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 11, wherein, in the position-and-amplitude index:

20 said at least one bit of the amplitude index is a bit of higher rank;
the bits of the first group are bits of intermediate rank; and
the bits of the second group are bits of lower rank.

25 13. A method of indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 11, wherein said plurality of possible amplitudes of each non-zero-amplitude pulse comprises +1 and -1, and wherein said at least one bit of the amplitude index is a sign bit.

25 14. A method of indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 10, wherein the procedure 2 comprises:

30 when said two pulses have a same amplitude, producing an amplitude index indicative of the amplitude of the non-zero-amplitude pulse whose position is indicated by the first position index, producing a first position index indicative of the smaller position of the two non-zero-amplitude pulses in said one track, and producing a second position index indicative of the larger position of the two non-zero-amplitude pulses in said one track; and
when said two pulses have different amplitudes, producing an amplitude index indicative of the amplitude of the non-zero-amplitude pulse whose position is indicated by the first position index, producing a first position index indicative of the larger position of the two non-zero-amplitude pulses in said one track, and producing a second position index indicative of the smaller position of the two non-zero-amplitude pulses in said one track.

35 15. A method of indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 1, wherein the procedure 2 comprises, when the position of a first non-zero-amplitude pulse of position index p_0 and sign index σ_0 , and the position of a second non-zero-amplitude pulse of position index p_1 and sign index σ_1 , are located in one track of said set, producing a position-and-amplitude index of said first and second non-zero-amplitude pulses of the form:

$\begin{aligned} &\text{If } \sigma_0 = \sigma_1 \\ &\quad \text{If } p_0 \leq p_1 \\ &\quad \quad I_{2p} = p_1 + p_0 \times 2^M + \sigma_0 \times 2^{2M} \\ &\quad \text{If } p_0 \geq p_1 \\ &\quad \quad I_{2p} = p_0 + p_1 \times 2^M + \sigma_0 \times 2^{2M} \\ &\text{If } \sigma_0 \neq \sigma_1 \\ &\quad \text{If } p_0 \leq p_1 \\ &\quad \quad I_{2p} = p_0 + p_1 \times 2^M + \sigma_1 \times 2^{2M} \\ &\quad \text{If } p_0 \geq p_1 \\ &\quad \quad I_{2p} = p_1 + p_0 \times 2^M + \sigma_0 \times 2^{2M} \end{aligned}$

55 where 2^M is the number of positions in said one track.

55 16. A method of indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 15, wherein the number of positions in said one track is 16, and wherein the position-and-amplitude index is a 9-bit index represented in the following table:

5

Sign	Position p_0				Position p_1			
	b_3	b_3	b_2	b_0	b_3	b_2	b_1	b_0

17. A method of indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 1, wherein, when $X=3$;10 dividing the positions of said one track into two sections comprises dividing the positions of said one track into lower and upper track sections; and
the procedure 3 comprises:15 identifying one of the upper and lower track sections which contains the positions of at least two non-zero-amplitude pulses;
calculating a first subindex of said at least two non-zero-amplitude pulses located in said one track section using the procedure 2 applied to the positions of said one track section;
calculating a second subindex of the remaining non-zero-amplitude pulse using the procedure 1 applied to the positions of the entire said one track; and
20 producing a position-and-amplitude index of the three non-zero-amplitude pulses by combining said first and second subindices.

18. A method of indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 17, wherein:

25 calculating a first subindex of said at least two non-zero-amplitude pulses located in said one track section using the procedure 2 comprises, when the positions of said at least two non-zero-amplitude pulses are located in the upper section, shifting the positions of said at least two non-zero-amplitude pulses from the upper section to the lower section.

30 19. A method of indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 18, wherein shifting the positions of said at least two non-zero-amplitude pulses from the upper section to the lower section comprises masking a number of least significant bits of the position indices of said at least two non-zero-amplitude pulses with a mask consisting of said number of 1's.

35 20. A method of indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 17, wherein calculating a first subindex of said at least two non-zero-amplitude pulses located in said one track section using the procedure 2 comprises inserting a section index indicating the one of said lowerand upper track sections in which said at least two non-zero-amplitude pulses are located.

40 21. A method of indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 17, wherein the number of positions in said one track is 16, and wherein the position-and-amplitude index is a 13-bit index represented in the following table:

45

Sign	Position of 3 rd pulse					Section Index	2 pulses in section k					
							s_0	p_0			p_1	
s	b_3	b_2	b_1	b_0	k	s	b_2	b_1	b_0	b_2	b_1	b_0

50 22. A method of indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 1, wherein:

said procedure 1 comprises producing a position-and-amplitude index including a position index indicative of the position of said one non-zero-amplitude pulse in said one track, and an amplitude index indicative of the amplitude of said one non-zero-amplitude pulse, wherein the position index comprises a first group of bits, and the position index comprises at least one bit;

55 said procedure 2 comprises producing a position-and-amplitude index including first and second position indices respectively indicative of the positions of the two non-zero-amplitude pulses in said one track, and an amplitude index indicative of the amplitudes of said two non-zero-amplitude pulses, wherein the amplitude index comprises at least one bit, the first position index comprises a first group of bits, and the second position index comprises

a second group of bits;

when $X=3$:

5 dividing the positions of said one track into two sections comprises dividing the positions of said one track into lower and upper track sections; and
the procedure 3 comprises:

10 identifying one of the upper and lower track sections which contains the positions of at least two non-zero-amplitude pulses;
calculating a first subindex of said at least two non-zero-amplitude pulses located in said one track section using the procedure 2 applied to the positions of said one track section;
calculating a second subindex of the remaining non-zero-amplitude pulse using the procedure 1 applied to the positions of the entire said one track; and
15 producing a position-and-amplitude index of the three non-zero-amplitude pulses by combining said first and second subindices.

23. A method of indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 22, wherein when $X=4$:

20 dividing the positions of said one track into two sections comprises dividing the positions of said one track into lower and upper track sections; and
the procedure 4 comprises:

25 - when the upper track section contains the positions of the four non-zero amplitude pulses:
further dividing the upper track section into lower and upper track subsections;
identifying one of the upper and lower track subsections which contains the positions of at least two non-zero-amplitude pulses;
calculating a first subindex of said at least two non-zero-amplitude pulses located in said one track subsection using the procedure 2 applied to the positions of said one track subsection;
30 calculating a second subindex of the remaining two non-zero-amplitude pulse using the procedure 2 applied to the positions of the entire upper track section; and
producing a position-and-amplitude index of the four non-zero-amplitude pulses by combining said first and second subindices;

35 - when the lower track section contains the position of one non-zero-amplitude pulse and the upper track section contains the positions of the three other non-zero amplitude pulses:

40 calculating a first subindex of said one non-zero-amplitude pulses located in the lower track section using the procedure 1 applied to the positions of said lower track section;
calculating a second subindex of the remaining three non-zero-amplitude pulses located in the upper track section using the procedure 3 applied to the positions of the upper track section; and
producing a position-and-amplitude index of the four non-zero-amplitude pulses by combining said first and second subindices;

45 - when the lower track section contains the positions of two non-zero-amplitude pulses and the upper track section contains the positions of the two other non-zero amplitude pulses:

50 calculating a first subindex of said two non-zero-amplitude pulses located in the lower track section using the procedure 2 applied to the positions of said lower track section;
calculating a second subindex of the remaining two non-zero-amplitude pulses located in the upper track section using the procedure 2 applied to the positions of the upper track section; and
producing a position-and-amplitude index of the four non-zero-amplitude pulses by combining said first and second subindices;

55 - when the lower track section contains the positions of three non-zero-amplitude pulses and the upper track section contains the position of the other non-zero amplitude pulse:

calculating a first subindex of said three non-zero-amplitude pulses located in the lower track section

5

using the procedure 3 applied to the positions of said lower track section; calculating a second subindex of the remaining non-zero-amplitude pulse located in the upper track section using the procedure 1 applied to the positions of the upper track section; and producing a position-and-amplitude index of the four non-zero-amplitude pulses by combining said first and second subindices;

10

- when the lower track section contains the positions of the four non-zero amplitude pulses:

further dividing the lower track section into lower and upper track subsections; identifying one of the upper and lower track subsections which contains the positions of at least two non-zero-amplitude pulses; calculating a first subindex of said at least two non-zero-amplitude pulses located in said one track subsection using the procedure 2 applied to the positions of said one track subsection; calculating a second subindex of the remaining two non-zero-amplitude pulse using the procedure 2 applied to the positions of the entire lower track section; and producing a position-and-amplitude index of the three non-zero-amplitude pulses by combining said first and second subindices.

15

24. A method of indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 23, wherein the procedure 4 comprises:

20

- when said one track subsection is the upper subsection, calculating a first subindex of said at least two non-zero-amplitude pulses located in said one track subsection using the procedure 2 comprises shifting the positions of said at least two non-zero-amplitude pulses from the upper track subsection to the lower track subsection.

25

25. A method of indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 24, wherein shifting the positions of said at least two non-zero-amplitude pulses from the upper subsection to the lower subsection comprises masking a number of least significant bits of the position indices of said at least two non-zero-amplitude pulses with a mask consisting of said number of 1's.

30

26. A method of indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 23, wherein when $X=5$:

35

dividing the positions of said one track into two track sections comprises dividing the positions of said one track into lower and upper sections; and the procedure 5 comprises:

40

detecting one of the lower and upper track sections in which the positions of at least three non-zero amplitude pulses are located; calculating a first subindex of three non-zero-amplitude pulses located in said one track section using the procedure 3 applied to the positions of said one track section; calculating a second subindex of the remaining two non-zero-amplitude pulses using the procedure 2 applied to the positions of the entire said one track; and producing a position-and-amplitude index of the five non-zero-amplitude pulses by combining said first and second subindices.

45

27. A method of indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 23, wherein when $X=5$:

50

dividing the positions of said one track into two sections comprises dividing the positions of said one track into lower and upper track sections; and the procedure 5 comprises:

55

- when the upper track section contains the positions of the five non-zero amplitude pulses: calculating a first subindex of three non-zero-amplitude pulses located in said upper track section using the procedure 3 applied to the positions of said upper track section; calculating a second subindex of the remaining two non-zero-amplitude pulses using the procedure 2 applied to the positions of the entire said one track; and producing a position-and-amplitude index of the five non-zero-amplitude pulses by combining said first and second subindices;

EP 1 354 315 B1

- when the lower track section contains the position of one non-zero-amplitude pulse and the upper track section contains the positions of the four other non-zero amplitude pulses:

5 calculating a first subindex of three non-zero-amplitude pulses located in the upper track section using the procedure 3 applied to the positions of said upper track section;
calculating a second subindex of the remaining two non-zero-amplitude pulses using the procedure 2 applied to the positions of the entire said one track; and
producing a position-and-amplitude index of the five non-zero-amplitude pulses by combining said first and second subindices;

10 - when the lower track section contains the positions of two non-zero-amplitude pulses and the upper track section contains the positions of the three other non-zero amplitude pulses:

15 calculating a first subindex of said three non-zero-amplitude pulses located in the upper track section using the procedure 3 applied to the positions of said upper track section;
calculating a second subindex of the remaining two non-zero-amplitude pulses located in the lower track section using the procedure 2 applied to the positions of the entire said one track; and
producing a position-and-amplitude index of the five non-zero-amplitude pulses by combining said first and second subindices;

20 - when the lower track section contains the position of three non-zero-amplitude pulses and the upper track section contains the positions of the other two non-zero amplitude pulses:

25 calculating a first subindex of said three non-zero-amplitude pulses located in the lower track section using the procedure 3 applied to the positions of said lower track section;
calculating a second subindex of the remaining two non-zero-amplitude pulses located in the upper track section using the procedure 2 applied to the positions of the entire said one track; and
producing a position-and-amplitude index of the five non-zero-amplitude pulses by combining said first and second subindices;

30 - when the lower track section contains the positions of four non-zero amplitude pulses and the upper track section contains the position of the other non-zero amplitude pulse:

35 calculating a first subindex of three non-zero-amplitude pulses located in the lower track section using the procedure 3 applied to the positions of said lower track section;
calculating a second subindex of the remaining two non-zero-amplitude pulses using the procedure 2 applied to the positions of the entire said one track; and
producing a position-and-amplitude index of the five non-zero-amplitude pulses by combining said first and second subindices;

40 - when the lower track section contains the positions of the five non-zero-amplitude pulses:

45 calculating a first subindex of three non-zero-amplitude pulses located in the lower track section using the procedure 3 applied to the positions of said lower track section;
calculating a second subindex of the remaining two non-zero-amplitude pulses using the procedure 2 applied to the positions of the entire said one track; and
producing a position-and-amplitude index of the five non-zero-amplitude pulses by combining said first and second subindices.

50 **28. A method of indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 27, wherein when X=6 :**

dividing the positions of said one track into two sections comprises dividing the positions of said one track into lower and upper track sections; and
the procedure 6 comprises:

55 - when the upper track section contains the positions of the six non-zero amplitude pulses:

calculating a first subindex of five non-zero-amplitude pulses located in said upper track section using

EP 1 354 315 B1

- the procedure 5 applied to the positions of said upper track section;
calculating a second subindex of the remaining non-zero-amplitude pulse using the procedure 1 applied
to the positions of the upper track section; and
producing a position-and-amplitude index of the six non-zero-amplitude pulses by combining said first
and second subindices;
- 5
- when the lower track section contains the position of one non-zero-amplitude pulse and the upper track
section contains the positions of the five other non-zero amplitude pulses:
- 10 calculating a first subindex of the five non-zero-amplitude pulses located in the upper track section
using the procedure 5 applied to the positions of said upper track section;
calculating a second subindex of the non-zero-amplitude pulse located in the lower track section using
the procedure 1 applied to the positions of said lower track section; and
producing a position-and-amplitude index of the six non-zero-amplitude pulses by combining said first
and second subindices;
- 15
- when the lower track section contains the positions of two non-zero-amplitude pulses and the upper track
section contains the positions of the four other non-zero amplitude pulses:
- 20 calculating a first subindex of the four non-zero-amplitude pulses located in the upper track section
using the procedure 4 applied to the positions of said upper track section;
calculating a second subindex of the remaining two non-zero-amplitude pulses located in the lower
track section using the procedure 2 applied to the positions of said lower track section; and
producing a position-and-amplitude index of the six non-zero-amplitude pulses by combining said first
and second subindices;
- 25
- when the lower track section contains the positions of three non-zero-amplitude pulses and the upper
track section contains the positions of the other three non-zero amplitude pulses:
- 30 calculating a first subindex of said three non-zero-amplitude pulses located in the lower track section
using the procedure 3 applied to the positions of said lower track section;
calculating a second subindex of the remaining three non-zero-amplitude pulses located in the upper
track section using the procedure 3 applied to the positions of the upper track section; and
producing a position-and-amplitude index of the six non-zero-amplitude pulses by combining said first
and second subindices;
- 35
- when the lower track section contains the positions of four non-zero amplitude pulses and the upper track
section contains the positions of the other two non-zero amplitude pulses:
- 40 calculating a first subindex of the four non-zero-amplitude pulses located in the lower track section
using the procedure 4 applied to the positions of said lower track section;
calculating a second subindex of the remaining two non-zero-amplitude pulses located in the upper
track section using the procedure 2 applied to the positions of said upper track section ; and
producing a position-and-amplitude index of the six non-zero-amplitude pulses by combining said first
and second subindices;
- 45
- when the lower track section contains the positions of five non-zero-amplitude pulses and the upper track
section contains the position of the remaining non-zero amplitude pulse:
- 50 calculating a first subindex of the five non-zero-amplitude pulses located in the lower track section
using the procedure 5 applied to the positions of said lower track section;
calculating a second subindex of the remaining non-zero-amplitude pulse located in the upper track
section using the procedure 1 applied to the positions of said upper track section; and
producing a position-and-amplitude index of the six non-zero-amplitude pulses by combining said first
and second subindices; and
- 55
- when the lower track section contains the positions of the six non-zero-amplitude pulses:

calculating a first subindex of five non-zero-amplitude pulses located in the lower track section using the procedure 5 applied to the positions of said lower track section;
 calculating a second subindex of the remaining non-zero-amplitude pulse located in the lower track section using the procedure 7 applied to the positions of the lower track section; and
 producing a position-and-amplitude index of the six non-zero-amplitude pulses by combining said first and second subindices.

29. A device for indexing pulse positions and amplitudes in an algebraic codebook for efficient encoding and decoding of a sound signal,
 10 wherein:

- the codebook comprises a set of pulse amplitude/position combinations;
- each pulse amplitude/position combination defines a number of different positions and comprises both zero-amplitude pulses and non-zero-amplitude pulses assigned to respective positions of the combination; and
- each non-zero-amplitude pulse assumes one of a plurality of possible amplitudes; and

15 wherein said indexing device comprises:

20 a set of at least one track of said pulse positions wherein the position of each non-zero amplitude pulse of each pulse amplitude/position combination is restrained to one track of said set;

- means for indexing, according to a first procedure, hereinafter named procedure 1, the position and amplitude of one non-zero-amplitude pulse when only the position of said one non-zero-amplitude pulse is located in one track of said set;
- means for indexing, according to a second procedure, hereinafter named procedure 2, the positions and amplitudes of two non-zero-amplitude pulses when only the positions of said two non-zero-amplitude pulses are located in one track of said set; and
- when the positions of a number X of non-zero-amplitude pulses are located in one track of said set, wherein $X \geq 3$:

- means for dividing the positions of said one track into two sections;
- means for conducting a further procedure associated with said number X, hereinafter named procedure X, for indexing the positions and amplitudes of said X non-zero-amplitude pulses, said procedure X conducting means comprising:

- means for identifying in which one of the two track sections each non-zero-amplitude pulses is located; and
- means for calculating subindices of said X non-zero-amplitude pulses using the procedures 1 and 2 in at least one of the said track sections and the entire track; and
- means for calculating a position and amplitude index of said X non-zero-amplitude pulses, said index calculating means comprising means for combining said subindices.

30. A device for indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 29, comprising means for interleaving the pulse positions of each track with the pulse positions of the other tracks.

45 31. A device for indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 29, wherein the means for calculating a position-and-amplitude index of said X non-zero-amplitude pulses comprises:

50 means for calculating at least one intermediate index by combining at least two of said subindices; and calculating the position-and-amplitude index of said X non-zero-amplitude pulses by combining the remaining subindices and said at least one intermediate index.

55 32. A device for indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 29, wherein said procedure 1 comprises means for producing a position-and-amplitude index including a position index indicative of the position of said one non-zero-amplitude pulse in said one track, and an amplitude index indicative of the amplitude of said one non-zero-amplitude pulse.

33. A device for indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 32, wherein the position index comprises

a first group of bits, and the amplitude index comprises at least one bit.

34. A device for indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 33, in which said at least one bit of the amplitude index is a bit of higher rank.

5

35. A device for indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 33, wherein said plurality of possible amplitudes of each non-zero-amplitude pulse comprises +1 and -1, and wherein said at least one bit of the amplitude index is a sign bit.

- 10 36. A device for indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 29, wherein:

15 said plurality of possible amplitudes of each non-zero-amplitude pulse comprises +1 and -1; and the procedure 1 comprises means for producing a position-and-amplitude index of said one non-zero-amplitude pulse having the form:

15

$$I_{1p} = p + s \times 2^M$$

20

wherein p is a position index of said one non-zero-amplitude pulse in said one track, s is a sign index of said one non-zero-amplitude pulse, and 2^M is the number of positions in said one track.

- 25 37. A device for indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 36, wherein the number of positions in said one track is 16, and wherein the position-and-amplitude index is a 5-bit index represented in the following table:

30

Sign	Position			
	b_3	b_2	b_1	b_0
s				

38. A device for indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 29, wherein said procedure 2 comprises means for producing a position-and-amplitude index including:

35

first and second position indices respectively indicative of the positions of the two non-zero-amplitude pulses in said one track; and
an amplitude index indicative of the amplitudes of said two non-zero-amplitude pulses.

40

39. A device for indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 38, wherein, in the position-and-amplitude index:

45

the amplitude index comprises at least one bit;
the first position index comprises a first group of bits; and
the second position index comprises a second group of bits.

50

40. A device for indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 39, wherein, in the position-and-amplitude index:

55

said at least one bit of the amplitude index is a bit of higher rank;
the bits of the first group are bits of intermediate rank; and
the bits of the second group are bits of lower rank.

55

41. A device for indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 39, wherein said plurality of possible amplitudes of each non-zero-amplitude pulse comprises +1 and -1, and wherein said at least one bit of the amplitude index is a sign bit.

42. A device for indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 39, wherein the procedure 2 comprises:

- when said two pulses have a same amplitude:

means for producing an amplitude index indicative of the amplitude of the non-zero-amplitude pulse whose position is indicated by the first position index;

5 means for producing a first position index indicative of the smaller position of the two non-zero-amplitude pulses in said one track;

means for producing a second position index indicative of the larger position of the two non-zero-amplitude pulses in said one track; and

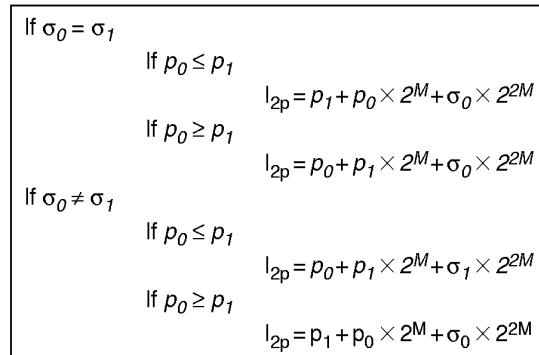
10 - when said two pulses have different amplitudes:

means for producing an amplitude index indicative of the amplitude of the non-zero-amplitude pulse whose position is indicated by the first position index;

15 means for producing a first position index indicative of the larger position of the two non-zero-amplitude pulses in said one track; and

means for producing a second position index indicative of the smaller position of the two non-zero-amplitude pulses in said one track.

20 **43.** A device for indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 29, wherein the procedure 2 comprises, when the position of a first non-zero-amplitude pulse of position index p_0 and sign index σ_0 , and the position of a second non-zero-amplitude pulse of position index p_1 and sign index σ_1 are located in one track of said set, means for producing a position-and-amplitude index of said first and second non-zero-amplitude pulses of the form:



where 2^M is the number of positions in said one track.

40 **44.** A device for indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 43, wherein the number of positions in said one track is 16, and wherein the position-and-amplitude index is a 9-bit index represented in the following table:

Sign	Position p_0				Position p_1			
	b ₃	b ₃	b ₂	b ₀	b ₃	b ₂	b ₁	b ₀
s								

45 **45.** A device for indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 29, wherein, when X=3 ; the means for dividing the positions of said one track into two sections comprises means for dividing the positions of said one track into lower and upper track sections; and

50 the procedure 3 comprises :

means for identifying one of the upper and lower track sections which contains the positions of at least two non-zero-amplitude pulses;

55 means for calculating a first subindex of said at least two non-zero-amplitude pulses located in said one track section using the procedure 2 applied to the positions of said one track section;

means for calculating a second subindex of the remaining non-zero-amplitude pulse using the procedure 1 applied to the positions of the entire said one track; and

means for producing a position-and-amplitude index of the three non-zero-amplitude pulses, said index pro-

ducing means comprising means for combining said first and second subindices.

46. A device for indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 45, wherein:

5 the means for calculating a first subindex of said at least two non-zero-amplitude pulses located in said one track section using the procedure 2 comprises, when the positions of said at least two non-zero-amplitude pulses are located in the upper section, means for shifting the positions of said at least two non-zero-amplitude pulses from the upper section to the lower section.

10 47. A device for indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 46, wherein the means for shifting the positions of said at least two non-zero-amplitude pulses from the upper section to the lower section comprises means for masking a number of least significant bits of the position indices of said at least two non-zero-amplitude pulses with a mask consisting of said number of 1's.

15 48. A device for indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 45, wherein the means for calculating a first subindex of said at least two non-zero-amplitude pulses located in said one track section using the procedure 2 comprises means for inserting a section index indicating the one of said lower and upper track sections in which said at least two non-zero-amplitude pulses are located.

20 49. A device for indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 45, wherein the number of positions in said one track is 16, and wherein the position-and-amplitude index is a 13-bit index represented in the following table:

Sign	Position of 3 rd pulse					Section Index	2 pulses in section k					
							s ₀	p ₀			p ₁	
s	b ₃	b ₂	b ₁	b ₀	k	s	b ₂	b ₁	b ₀	b ₂	b ₁	b ₀

30 50. A device for indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 29, wherein:

said procedure 1 comprises means for producing a position-and-amplitude index including a position index indicative of the position of said one non-zero-amplitude pulse in said one track, and an amplitude index indicative of the amplitude of said one non-zero-amplitude pulse,

35 wherein the position index comprises a first group of bits, and the position index comprises at least one bit; said procedure 2 comprises means for producing a position-and-amplitude index including first and second position indices respectively indicative of the positions of the two non-zero-amplitude pulses in said one track, and an amplitude index indicative of the amplitudes of said two non-zero-amplitude pulses, wherein the amplitude index comprises at least one bit, the first position index comprises a first group of bits, and the second position index comprises a second group of bits;

40 when X= 3 :

45 the means for dividing the positions of said one track into two sections comprises means for dividing the positions of said one track into lower and upper track sections; and the procedure 3 comprises:

50 means for identifying one of the upper and lower track sections which contains the positions of at least two non-zero-amplitude pulses;

means for calculating a first subindex of said at least two non-zero-amplitude pulses located in said one track section using the procedure 2 applied to the positions of said one track section;

means for calculating a second subindex of the remaining non-zero-amplitude pulse using the procedure 1 applied to the positions of the entire said one track; and

55 means for producing a position-and-amplitude index of the three non-zero-amplitude pulses, said index producing means comprising means for combining said first and second subindices.

51. A device for indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 50, wherein, when X= 4 :

EP 1 354 315 B1

the means for dividing the positions of said one track into two sections comprises means for dividing the positions of said one track into lower and upper track sections; and
the procedure 4 comprises:

- 5 - when the upper track section contains the positions of the four non-zero amplitude pulses:
 - means for further dividing the upper track section into lower and upper track subsections;
 - means for identifying one of the upper and lower track subsections which contains the positions of at least two non-zero-amplitude pulses;
- 10 means- for calculating a first subindex of said at least two non-zero-amplitude pulses located in said one track subsection using the procedure 2 applied to the positions of said one track subsection;
- means for calculating a second subindex of the remaining two non-zero-amplitude pulse using the procedure 2 applied to the positions of the entire said upper track section; and
- 15 means for producing a position-and-amplitude index of the four non-zero-amplitude pulses, said index producing means comprising means for combining said first and second subindices;
- when the lower track section contains the position of one non-zero-amplitude pulse and the upper track section contains the positions of the three other non-zero amplitude pulses:
 - 20 means for calculating a first subindex of said one non-zero-amplitude pulse located in the lower track section using the procedure 1 applied to the positions of said lower track section;
 - means for calculating a second subindex of the remaining three non-zero-amplitude pulses located in the upper track section using the procedure 3 applied to the positions of the upper track section; and
 - 25 means for producing a position-and-amplitude index of the four non-zero-amplitude pulses, said index producing means comprising means for combining said first and second subindices;
- when the lower track section contains the positions of two non-zero-amplitude pulses and the upper track section contains the positions of the two other non-zero amplitude pulses:
 - 30 means for calculating a first subindex of said two non-zero-amplitude pulses located in the lower track section using the procedure 2 applied to the positions of said lower track section;
 - means for calculating a second subindex of the remaining two non-zero-amplitude pulses located in the upper track section using the procedure 2 applied to the positions of the upper track section; and
 - 35 means for producing a position-and-amplitude index of the four non-zero-amplitude pulses, said index producing means comprising means for combining said first and second subindices;
- when the lower track section contains the positions of three non-zero-amplitude pulses and the upper track section contains the position of the other non-zero amplitude pulse:
 - 40 means for calculating a first subindex of said three non-zero-amplitude pulses located in the lower track section using the procedure 3 applied to the positions of said lower track section;
 - means for calculating a second subindex of the remaining non-zero-amplitude pulse located in the upper track section using the procedure 1 applied to the positions of the upper track section; and
 - 45 means for producing a position-and-amplitude index of the four non-zero-amplitude pulses, said index producing means comprising means for combining said first and second subindices;
- when the lower track section contains the positions of the four non-zero amplitude pulses:
 - 50 means for further dividing the lower track section into lower and upper track subsections;
 - means-for identifying one of the upper and lower track subsections which contains the positions of at least two non-zero-amplitude pulses;
 - means for calculating a first subindex of said at least two non-zero-amplitude pulses located in said one track subsection using the procedure 2 applied to the positions of said one track subsection;
 - 55 calculating a second subindex of the remaining two non-zero-amplitude pulse using the procedure 2 applied to the positions of the entire lower track section; and
 - means for producing a position-and-amplitude index of the four non-zero-amplitude pulses, said index producing means comprising means for combining said first and second subindices.

52. A device for indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 51, wherein the procedure 4 comprises:

- when said one track subsection is the upper subsection,

5 the means for calculating a first subindex of said at least two non-zero-amplitude pulses located in said one track subsection using the procedure 2 comprises means for shifting the positions of said at least two non-zero-amplitude pulses from the upper track subsection to the lower track subsection.

10 53. A device for indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 24, wherein the means for shifting the positions of said at least two non-zero-amplitude pulses from the upper subsection to the lower subsection comprises means for masking a number of least significant bits of the position indices of said at least two non-zero-amplitude pulses with a mask consisting of said number of 1's.

15 54. A device for indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 51, wherein, when $X=5$:

the means for dividing the positions of said one track into two sections comprises means for dividing the positions of said one track into lower and upper track sections; and
the procedure 5 comprises:

20 means for detecting one of the lower and upper track sections in which the positions of at least three non-zero amplitude pulses are located;
means for calculating a first subindex of three non-zero-amplitude pulses located in said one track section using the procedure 3 applied to the positions of said one track section;
means for calculating a second subindex of the remaining two non-zero-amplitude pulses using the procedure 2 applied to the positions of the entire said one track; and
means for producing a position-and-amplitude index of the five non-zero-amplitude pulses, said index producing
means comprising means for combining said first and second subindices.

30 55. A device for indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 51, wherein, when $X=5$:

the means for dividing the positions of said one track into two sections comprises means for dividing the positions of said one track into lower and upper sections; and
the procedure 5 comprises:

35 - when the upper track section contains the positions of the five non-zero amplitude pulses:

40 means for calculating a first subindex of three non-zero-amplitude pulses located in said upper track section using the procedure 3 applied to the positions of said upper track section;
means for calculating a second subindex of the remaining two non-zero-amplitude pulses using the procedure 2 applied to the positions of the entire said one track; and
means for producing a position-and-amplitude index of the five non-zero-amplitude pulses, said index producing means comprising means for combining said first and second subindices;

45 - when the lower track section contains the position of one non-zero-amplitude pulse and the upper track section contains the positions of the four other non-zero amplitude pulses:

50 means for calculating a first subindex of three non-zero-amplitude pulses located in the upper track section using the procedure 3 applied to the positions of said upper track section;
means for calculating a second subindex of the remaining two non-zero-amplitude pulses using the procedure 2 applied to the positions of the entire said one track; and
means for producing a position-and-amplitude index of the five non-zero-amplitude pulses, said index producing means comprising means for combining said first and second subindices;

55 - when the lower track section contains the positions of two non-zero-amplitude pulses and the upper track section contains the positions of the three other non-zero amplitude pulses:

means for calculating a first subindex of said three non-zero-amplitude pulses located in the upper

5 track section using the procedure 3 applied to the positions of said upper track section; means for calculating a second subindex of the remaining two non-zero-amplitude pulses located in the lower track section using the procedure 2 applied to the positions of the entire said one track; and means for producing a position-and-amplitude index of the five non-zero-amplitude pulses, said index producing means comprising means for combining said first and second subindices;

- when the lower track section contains the positions of three non-zero-amplitude pulses and the upper track section contains the positions of the other two non-zero amplitude pulses:

10 means for calculating a first subindex of said three non-zero-amplitude pulses located in the lower track section using the procedure 3 applied to the positions of said lower track section; calculating a second subindex of the remaining two non-zero-amplitude pulses located in the upper track section using the procedure 2 applied to the positions of the entire said one track; and means for producing a position-and-amplitude index of the five non-zero-amplitude pulses, said index producing means comprising means for combining said first and second subindices;

15 - when the lower track section contains the positions of four non-zero amplitude pulses and the upper track section contains the position of the other non-zero amplitude pulse:

20 means for calculating a first subindex of three non-zero-amplitude pulses located in the lower track section using the procedure 3 applied to the positions of said lower track section; means for calculating a second subindex of the remaining two non-zero-amplitude pulses using the procedure 2 applied to the positions of the entire said one track; and means for producing a position-and-amplitude index of the five non-zero-amplitude pulses, said index producing means comprising means for combining said first and second subindices;

25 - when the lower track section contains the positions of the five non-zero-amplitude pulses:

30 means for calculating a first subindex of three non-zero-amplitude pulses located in the lower track section using the procedure 3 applied to the positions of said lower track section; means for calculating a second subindex of the remaining two non-zero-amplitude pulses using the procedure 2 applied to the positions of the entire said one track; and means for producing a position-and-amplitude index of the five non-zero-amplitude pulses, said index producing means comprising means for combining said first and second subindices.

35 **56. A device for indexing pulse positions and amplitudes as defined in claim 55, wherein when X=6:**

40 the means for dividing the positions of said one track into two sections comprises dividing the positions of said one track into lower and upper sections; and the procedure 6 comprises:

- when the upper track section contains the positions of the six non-zero amplitude pulses:

45 means for calculating a first subindex of five non-zero-amplitude pulses located in said upper track section using the procedure 5 applied to the positions of said upper track section; means for calculating a second subindex of the remaining non-zero-amplitude pulse using the procedure 1 applied to the positions of the upper track section; and means for producing a position-and-amplitude index of the six non-zero-amplitude pulses, said index producing means comprising means for combining said first and second subindices;

50 - when the lower track section contains the position of one non-zero-amplitude pulse and the upper track section contains the positions of the five other non-zero amplitude pulses:

55 means for calculating a first subindex of the five non-zero-amplitude pulses located in the upper track section using the procedure 5 applied to the positions of said upper track section; means for calculating a second subindex of the non-zero-amplitude pulse located in the lower track section using the procedure 7 applied to the positions of said lower track section; and means for producing a position-and-amplitude index of the six non-zero-amplitude pulses, said index

EP 1 354 315 B1

producing means comprising means for combining said first and second subindices;

- when the lower track section contains the positions of two non-zero-amplitude pulses and the upper track section contains the positions of the four other non-zero amplitude pulses:

5 means for calculating a first subindex of the four non-zero-amplitude pulses located in the upper track section using the procedure 4 applied to the positions of said upper track section;

10 means for calculating a second subindex of the remaining two non-zero-amplitude pulses located in the lower track section using the procedure 2 applied to the positions of said lower track section; and means for producing a position-and-amplitude index of the six non-zero-amplitude pulses, said index producing means comprising means for combining said first and second subindices;

- when the lower track section contains the positions of three non-zero-amplitude pulses and the upper track section contains the positions of the other three non-zero amplitude pulses:

15 means for calculating a first subindex of said three non-zero-amplitude pulses located in the lower track section using the procedure 3 applied to the positions of said lower track section;

20 means for calculating a second subindex of the remaining three non-zero-amplitude pulses located in the upper track section using the procedure 3 applied to the positions of the upper track section; and means for producing a position-and-amplitude index of the six non-zero-amplitude pulses, said index producing means comprising means for combining said first and second subindices;

- when the lower track section contains the positions of four non-zero amplitude pulses and the upper track section contains the positions of the other two non-zero amplitude pulses:

25 means for calculating a first subindex of the four non-zero-amplitude pulses located in the lower track section using the procedure 4 applied to the positions of said lower track section;

30 means for calculating a second subindex of the remaining two non-zero-amplitude pulses located in the upper track section using the procedure 2 applied to the positions of said upper track section ; and means for producing a position-and-amplitude index of the six non-zero-amplitude pulses, said index producing means comprising means for combining said first and second subindices;

- when the lower track section contains the positions of five non-zero-amplitude pulses and the upper track section contains the position of the remaining non-zero amplitude pulse:

35 means for calculating a first subindex of the five non-zero-amplitude pulses located in the lower track section using the procedure 5 applied to the positions of said lower track section;

40 means for calculating a second subindex of the remaining non-zero-amplitude pulse located in the upper track section using the procedure 1 applied to the positions of said upper track section; and means for producing a position-and-amplitude index of the six non-zero-amplitude pulses, said index producing means comprising means for combining said first and second subindices; and

- when the lower track section contains the positions of the six non-zero-amplitude pulses:

45 means for calculating a first subindex of five non-zero-amplitude pulses located in the lower track section using the procedure 5 applied to the positions of said lower track section;

50 means for calculating a second subindex of the remaining non-zero-amplitude pulse located in the lower track section using the procedure 1 applied to the positions of the lower track section; and means for producing a position-and-amplitude index of the six non-zero-amplitude pulses, said index producing means comprising means for combining said first and second subindices.

57. A cellular communication system for servicing a large geographical area divided into a plurality of cells, comprising:

mobile transmitter/receiver units;

55 cellular base stations respectively situated in said cells;
means for controlling communication between the cellular base stations;
a bidirectional wireless communication sub-system between each mobile unit situated in one cell and the cellular base station of said one cell, said bidirectional wireless communication sub-system comprising in both the

mobile unit and the cellular base station (a) a transmitter including means for encoding a speech signal and means for transmitting the encoded speech signal, and (b) a receiver including means for receiving a transmitted encoded speech signal and means for decoding the received encoded speech signal;

5 - wherein said speech signal encoding means comprises means responsive to the speech signal for producing speech signal encoding parameters, and wherein said speech signal encoding parameter producing means comprises means for searching an algebraic codebook in view of producing at least one of said speech signal encoding parameters, and a device as recited in any of claims 29 to 56, for indexing pulse positions and amplitudes in said algebraic codebook, said speech signal constituting said sound signal.

10 58. A cellular network element comprising (a) a transmitter including means for encoding a speech signal and means for transmitting the encoded speech signal, and (b) a receiver including means for receiving a transmitted encoded speech signal and means for decoding the received encoded speech signal;

15 - wherein said speech signal encoding means comprises means responsive to the speech signal for producing speech signal encoding parameters, and wherein said speech signal encoding parameter producing means comprises means for searching an algebraic codebook in view of producing at least one of said speech signal encoding parameters, and a device as recited in any of claims 29 to 56, for indexing pulse positions and amplitudes in said algebraic codebook, said speech signal constituting said sound signal.

20 59. A cellular mobile transmitter/receiver unit comprising (a) a transmitter including means for encoding a speech signal and means for transmitting the encoded speech signal, and (b) a receiver including means for receiving a transmitted encoded speech signal and means for decoding the received encoded speech signal;

25 - wherein said speech signal encoding means comprises means responsive to the speech signal for producing speech signal encoding parameters, and wherein said speech signal encoding parameter producing means comprises means for searching an algebraic codebook in view of producing at least one of said speech signal encoding parameters, and a device as recited in any of claims 29 to 56, for indexing pulse positions and amplitudes in said algebraic codebook, said speech signal constituting said sound signal.

30 60. A bidirectional wireless communication sub-system for a cellular communication system, said system being adapted to service a geographical area divided into a plurality of cells and comprising:

35 mobile transmitter/receiver units;
cellular base stations respectively situated in said cells; and
means for controlling communication between the cellular base stations;
said sub-system being adapted to operate between each mobile unit situated in one cell and the cellular base station of said one cell, said bidirectional wireless communication sub-system further comprising in both the mobile unit and the cellular base station:

40 (a) a transmitter including means for encoding a speech signal and means for transmitting the encoded speech signal, and
(b) a receiver including means for receiving a transmitted encoded speech signal and means for decoding the received encoded speech signal;

45 wherein said speech signal encoding means comprises means responsive to the speech signal for producing speech signal encoding parameters, and
wherein said speech signal encoding parameter producing means comprises means for searching an algebraic codebook in view of producing at least one of said speech signal encoding parameters, and a device as recited in any of claims 29 to 56, for indexing pulse positions and amplitudes in said algebraic codebook, said speech signal constituting said sound signal.

50 61. An encoder for encoding a sound signal, comprising sound signal processing means responsive to the sound signal for producing speech signal encoding parameters, wherein said sound signal processing means comprises:

55 means for searching an algebraic codebook in view of producing at least one of said speech signal encoding parameters; and
a device as recited in any of claims 29 to 56, for indexing pulse positions and amplitudes in said algebraic

codebook.

62. A decoder for synthesizing a sound signal in response to sound signal encoding parameters, comprising:

5 encoding parameter processing means responsive to said sound signal encoding parameters to produce an excitation signal, wherein said encoding parameter processing means comprises:

10 an algebraic codebook responsive to at least one of said sound signal encoding parameters to produce a portion of said excitation signal; and

15 a device as recited in any of claims 29 to 56, for indexing pulse positions and amplitudes in said algebraic codebook; and

synthesis filter means for synthesizing said sound signal in response to said excitation signal.

15

Patentansprüche

1. Verfahren zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden in einem algebraischen Codebuch für effizientes Codieren und Decodieren eines Schallsignals,

20 wobei:

- das Codebuch einen Satz von Impulsamplitude-/positionscombinationen umfasst;
- jede Impulsamplitude-/positionscombination eine Anzahl von verschiedenen Positionen definiert und sowohl Impulse mit Amplitude gleich null als auch Impulse mit Amplitude ungleich null, die zu jeweiligen Positionen der Kombination gehören, umfasst; und
- jeder Impuls mit Amplitude ungleich null eine von einer Vielzahl von möglichen Amplituden annimmt; und

25 wobei das Indexierverfahren umfasst:

30

- Bilden eines Satzes von mindestens einer Spur der Impulspositionen, wobei die
- Position jedes Impulses mit Amplitude ungleich null jeder Impulsamplitude-/positionscombination auf eine Spur des Satzes beschränkt ist;

35

- Indexieren in Übereinstimmung mit einer ersten Prozedur, nachfolgend Prozedur 1 genannt, der Position und Amplitude eines Impulses mit Amplitude ungleich null, wenn nur die Position des einen Impulses mit Amplitude ungleich null in einer Spur des Satzes liegt;

40

- Indexieren in Übereinstimmung mit einer zweiten Prozedur, nachfolgend Prozedur 2 genannt, der Positionen und Amplituden von zwei Impulsen mit Amplitude ungleich null, wenn nur die Positionen der zwei Impulse mit Amplitude ungleich null in einer Spur des Satzes liegen; und

45

- wenn die Positionen einer Anzahl X von Impulsen mit Amplitude ungleich null in einer Spur des Satzes liegen, wobei $X \geq 3$:

- Teilen der Positionen der einen Spur in zwei Abschnitte;
- Verwenden einer weiteren, zu der Anzahl X gehörenden Prozedur, nachfolgend Prozedur X genannt, zum Indexieren der Positionen und Amplituden der X Impulse mit Amplitude ungleich null, wobei die Prozedur X umfasst:

50

- Identifizieren, in welchem der zwei Spurabschnitte jeder Impuls mit Amplitude ungleich null liegt;
- Berechnen von Teilindizes der X Impulse mit Amplitude ungleich null unter Verwendung der Prozeduren 1 und 2 in mindestens einem der Spurabschnitte und der ganzen Spur; und

55

- Berechnen eines Positions- und Amplitudenindex der X Impulse mit Amplitude ungleich null durch Kombinieren der Teilindizes.

2. Verfahren zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 1 definiert, welches umfasst, die Impulspositionen jeder Spur mit den Impulspositionen der anderen Spuren zu verschachteln.

55

3. Verfahren zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 1 definiert, bei dem das Berechnen eines Positions- und Amplitudenindex der X Impulse mit Amplitude ungleich null umfasst:

EP 1 354 315 B1

Berechnen mindestens eines Zwischenindex durch Kombinieren von mindestens zwei der Teilindizes; und Berechnen des Positions- und Amplitudenindex der X Impulse mit Amplitude ungleich null durch Kombinieren der übrigen Teilindizes und des mindestens einen Zwischenindex.

- 5 4. Verfahren zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 1 definiert, bei dem die Prozedur 1 umfasst, einen Positions- und Amplitudenindex zu erzeugen, der einen Positionsindex, der die Position des einen Impulses mit Amplitude ungleich null in der einen Spur anzeigt, und einen Amplitudenindex, der die Amplitude des einen Impulses mit Amplitude ungleich null anzeigt, enthält.
- 10 5. Verfahren zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 4 definiert, bei dem der Positionsindex eine erste Gruppe von Bits umfasst und der Amplitudenindex mindestens ein Bit umfasst.
- 15 6. Verfahren zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 5 definiert, bei dem das mindestens eine Bit des Amplitudenindex ein Bit höheren Ranges ist.
- 20 7. Verfahren zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 5 definiert, bei dem die Vielzahl von möglichen Amplituden jedes Impulses mit Amplitude ungleich null +1 und -1 umfasst und bei dem das mindestens eine Bit des Amplitudenindex ein Vorzeichenbit ist.
- 25 8. Verfahren zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 1 definiert, bei dem: die Vielzahl von möglichen Amplituden jedes Impulses mit Amplitude ungleich null +1 und -1 umfasst; und die Prozedur 1 umfasst, einen Positions- und Amplitudenindex des einen Impulses mit Amplitude ungleich null zu erzeugen, mit der Form:

25

$$I_{1p} = p + s \times 2^M$$

30 wobei p ein Positionsindex des einen Impulses mit Amplitude ungleich null in der einen Spur ist, s sein Vorzeichenindex des einen Impulses mit Amplitude ungleich null ist und 2^M die Anzahl von Positionen in der einen Spur ist.

- 35 9. Verfahren zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 8 definiert, bei dem die Anzahl von Positionen in der einen Spur 16 ist und bei dem der Positions- und Amplitudenindex ein 5-Bit-Index ist, dargestellt in der folgenden Tabelle:

	Vorzeichen	Position			
		b_3	b_2	b_1	b_0
40	s				

- 45 10. Verfahren zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 1 definiert, bei dem die Prozedur 2 umfasst, einen Positions- und Amplitudenindex zu erzeugen, der enthält:

45 erste und zweite Positionsindizes, die jeweils die Positionen der zwei Impulse mit Amplitude ungleich null in der einen Spur anzeigen; und einen Amplitudenindex, der die Amplituden der zwei Impulse mit Amplitude ungleich null anzeigt.

- 50 11. Verfahren zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 10 definiert, bei dem im Positions- und Amplitudenindex:

55 der Amplitudenindex mindestens ein Bit umfasst;
der erste Positionsindex eine erste Gruppe von Bits umfasst; und
der zweite Positionsindex eine zweite Gruppe von Bits umfasst.

- 55 12. Verfahren zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 11 definiert, bei dem im Positions- und Amplitudenindex:

EP 1 354 315 B1

das mindestens eine Bit des Amplitudenindex ein Bit höheren Ranges ist;
 die Bits der ersten Gruppe Bits mittleren Ranges sind; und
 die Bits der zweiten Gruppe Bits niedrigeren Ranges sind.

5 **13.** Verfahren zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 11 definiert, bei dem die Vielzahl von möglichen Amplituden jedes Impulses mit Amplitude ungleich null +1 und -1 umfasst und bei dem das mindestens eine Bit des Amplitudenindex ein Vorzeichenbit ist.

10 **14.** Verfahren zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 10 definiert, bei dem die Prozedur 2 umfasst:

wenn die zwei Impulse gleiche Amplitude haben, Erzeugen eines Amplitudenindex, der die Amplitude des Impulses mit Amplitude ungleich null anzeigt, dessen Position durch den ersten Positionsindex angezeigt wird, Erzeugen eines ersten Positionsindex, der die kleinere Position der zwei Impulse mit Amplitude ungleich null in der einen Spur anzeigt, und Erzeugen eines zweiten Positionsindex, der die größere Position der zwei Impulse mit Amplitude ungleich null in der einen Spur anzeigt; und

15 wenn die zwei Impulse verschiedene Amplituden haben, Erzeugen eines Amplitudenindex, der die Amplitude des Impulses mit Amplitude ungleich null anzeigt, dessen Position durch den ersten Positionsindex angezeigt wird, Erzeugen eines ersten Positionsindex, der die größere Position der zwei Impulse mit Amplitude ungleich null in der einen Spur anzeigt, und Erzeugen eines zweiten Positionsindex, der die kleinere Position der zwei Impulse mit Amplitude ungleich null in der einen Spur anzeigt.

20 **15.** Verfahren zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 1 definiert, bei dem die Prozedur 2 umfasst, wenn die Position eines ersten Impulses mit Amplitude ungleich null mit Positionsindex p_0 und Vorzeichenindex σ_0 und die Position eines zweiten Impulses mit Amplitude ungleich null mit Positionsindex p_1 und Vorzeichenindex σ_1 in einer Spur des Satzes liegen, Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der ersten und zweiten Impulse mit Amplitude ungleich null in der Form:

25 Wenn $\sigma_0 = \sigma_1$

30 Wenn $p_0 \leq p_1$

$$I_{zp} = p_1 + p_0 \times 2^M + \sigma_0 \times 2^{2M}$$

35

Wenn $p_0 \geq p_1$

$$I_{zp} = p_0 + p_1 \times 2^M + \sigma_0 \times 2^{2M}$$

40

45 Wenn $\sigma_0 \neq \sigma_1$

Wenn $p_0 \leq p_1$

$$I_{zp} = p_0 + p_1 \times 2^M + \sigma_1 \times 2^{2M}$$

50

Wenn $P_0 \geq P_1$

$$I_{zp} = p_1 + p_0 \times 2^M + \sigma_0 \times 2^{2M}$$

55

wobei 2^M die Anzahl von Positionen in der einen Spur ist.

EP 1 354 315 B1

- 16.** Verfahren zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 15 definiert, bei dem die Anzahl von Positionen in der einen Spur 16 ist und bei dem der Positions- und Amplitudenindex ein 9-Bit-Index ist, dargestellt in der folgenden Tabelle:

5

Vorzeichen	Position p_0				Position p_1			
	b_3	b_3	b_2	b_0	b_3	b_2	b_1	b_0

10

- 17.** Verfahren zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 1 definiert, bei dem, wenn $X = 3$:

das Teilen der Positionen der einen Spur in zwei Abschnitte umfasst, die Positionen der einen Spur in untere und obere Spurabschnitte zu teilen; und
die Prozedur 3 umfasst:

15

Identifizieren von einem der oberen und unteren Spurabschnitte, der die Positionen von mindestens zwei Impulsen mit Amplitude ungleich null enthält;

20

Berechnen eines ersten Teilindex der mindestens zwei Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem einen Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 2, angewandt auf die Positionen des einen Spurabschnitts;

25

Berechnen eines zweiten Teilindex der übrigen Impulse mit Amplitude ungleich null unter Verwendung der Prozedur 1, angewandt auf die Positionen der ganzen einen Spur; und

Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der drei Impulse mit Amplitude ungleich null durch Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes.

25

- 18.** Verfahren zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 17 definiert, bei dem:

30

das Berechnen eines ersten Teilindex der mindestens zwei Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem einen Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 2 umfasst, wenn die Positionen der mindestens zwei Impulse mit Amplitude ungleich null in dem oberen Abschnitt liegen, die Positionen der mindestens zwei Impulse mit Amplitude ungleich null von dem oberen Abschnitt zu dem unteren Abschnitt zu verschieben.

35

- 19.** Verfahren zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 18 definiert, bei dem das Verschieben der Positionen der mindestens zwei Impulse mit Amplitude ungleich null von dem oberen Abschnitt zu dem unteren Abschnitt umfasst, eine Anzahl von niederwertigsten Bits der Positionsindizes der mindestens zwei Impulse mit Amplitude ungleich null mit einer aus der Anzahl Einsen bestehenden Maske zu maskieren.

40

- 20.** Verfahren zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 17 definiert, bei dem das Berechnen eines ersten Teilindex der mindestens zwei Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem einen Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 2 umfasst, einen Abschnittsindex einzufügen, der den einen der unteren und oberen Spurabschnitte anzeigt, in dem die mindestens zwei Impulse mit Amplitude ungleich null liegen.

45

- 21.** Verfahren zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 17 definiert, bei dem die Anzahl von Positionen in der einen Spur 16 ist und bei dem der Positions- und Amplitudenindex ein 13-Bit-Index ist, dargestellt in der folgenden Tabelle:

50

Vorzeichen	Position des dritten Impulses					Abschnittsindex	2 Pulse in Abschnitt k						
	s_0	p_0	p_1				s	b_2	b_1	b_0	b_2	b_1	b_0
s	b_3	b_2	b_1	b_0	k								

55

- 22.** Verfahren zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 1 definiert, bei dem:

die Prozedur 1 umfasst, einen Positions- und Amplitudenindex zu erzeugen, der einen Positionsindex, der die Position des einen Impulses mit Amplitude ungleich null in der einen Spur anzeigt, und einen Amplitudenindex enthält, der die Amplitude des einen Impulses mit Amplitude ungleich null anzeigt, wobei der Positionsindex

EP 1 354 315 B1

5 eine erste Gruppe von Bits umfasst und der Positionsindex mindestens ein Bit umfasst; die Prozedur 2 umfasst, einen Positions- und Amplitudenindex zu erzeugen, der erste und zweite Positionsindizes, die jeweils die Positionen der zwei Impulse mit Amplitude ungleich null in der einen Spur anzeigen, und einen Amplitudenindex enthält, der die Amplituden der zwei Impulse mit Amplitude ungleich null anzeigt, wobei der Amplitudenindex mindestens ein Bit umfasst, der erste Positionsindex eine erste Gruppe von Bits umfasst und der zweite Positionsindex eine zweite Gruppe von Bits umfasst;

wenn X=3:

das Teilen der Positionen der einen Spur in zwei Abschnitte umfasst, die Positionen der einen Spur in untere und obere Spurabschnitte zu teilen; und

10 die Prozedur 3 umfasst:

Identifizieren von einem der oberen und unteren Spurabschnitte, der die Positionen von mindestens zwei Impulsen mit Amplitude ungleich null enthält;

15 Berechnen eines ersten Teilindex der mindestens zwei Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem einen Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 2, angewandt auf die Positionen des einen Spurabschnitts;

Berechnen eines zweiten Teilindex der übrigen Impulse mit Amplitude ungleich null unter Verwendung der Prozedur 1, angewandt auf die Positionen der ganzen einen Spur; und

20 Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der drei Impulse mit Amplitude ungleich null durch Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes.

23. Verfahren zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 22 definiert, bei dem, wenn X = 4:

25 das Teilen der Positionen der einen Spur in zwei Abschnitte umfasst, die Positionen der einen Spur in untere und obere Spurabschnitte zu teilen; und die Prozedur 4 umfasst:

- wenn der obere Spurabschnitt die Positionen der vier Impulse mit Amplitude ungleich null enthält:

30 weiter Teilen des oberen Spurabschnitts in untere und obere Spurteilabschnitte; Identifizieren von einem der oberen und unteren Spurteilabschnitte, der die Positionen von mindestens zwei Impulsen mit Amplitude ungleich null enthält; Berechnen eines ersten Teilindex der mindestens zwei Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem einen Spurteilabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 2, angewandt auf die Positionen des einen Spurteilabschnitts;

35 Berechnen eines zweiten Teilindex der übrigen zwei Impulse mit Amplitude ungleich null unter Verwendung der Prozedur 2, angewandt auf die Positionen des ganzen oberen Spurabschnitts; und Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der vier Impulse mit Amplitude ungleich null durch Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes;

40 - wenn der untere Spurabschnitt die Position eines Impulses mit Amplitude ungleich null enthält und der obere Spurabschnitt die Positionen der drei anderen Impulse mit Amplitude ungleich null enthält:

Berechnen eines ersten Teilindex des einen Impulses mit Amplitude ungleich null, der in dem unteren Spurabschnitt liegt, unter Verwendung der Prozedur 1, angewandt auf die Positionen des unteren Spurabschnitts;

45 Berechnen eines zweiten Teilindex der übrigen drei Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem oberen Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 3, angewandt auf die Positionen des oberen Spurabschnitts; und Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der vier Impulse mit Amplitude ungleich null durch Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes;

50 - wenn der untere Spurabschnitt die Positionen von zwei Impulsen mit Amplitude ungleich null enthält und der obere Spurabschnitt die Positionen der zwei anderen Impulse mit Amplitude ungleich null enthält:

Berechnen eines ersten Teilindex der zwei Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem unteren Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 2, angewandt auf die Positionen des unteren Spurabschnitts;

Berechnen eines zweiten Teilindex der übrigen zwei Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem oberen Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 2, angewandt auf die Positionen des

EP 1 354 315 B1

- oberen Spurabschnitts; und
Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der vier Impulse mit Amplitude ungleich null durch Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes;
- 5 - wenn der untere Spurabschnitt die Positionen von drei Impulsen mit Amplitude ungleich null enthält und der obere Spurabschnitt die Position des anderen Impulses mit Amplitude ungleich null enthält:
- Berechnen eines ersten Teilindex der drei Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem unteren Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 3, angewandt auf die Positionen des unteren Spurabschnitts;
- 10 Berechnen eines zweiten Teilindex des übrigen Impulses mit Amplitude ungleich null, der in dem oberen Spurabschnitt liegt, unter Verwendung der Prozedur 1, angewandt auf die Positionen des oberen Spurabschnitts; und
Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der vier Impulse mit Amplitude ungleich null durch Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes;
- 15 - wenn der untere Spurabschnitt die Positionen der vier Impulse mit Amplitude ungleich null enthält:
- weiter Teilen des unteren Spurabschnitt in untere und obere Spurteilabschnitte; Identifizieren von einem der oberen und unteren Spurteilabschnitte, der die Positionen von mindestens zwei Impulsen mit Amplitude ungleich null enthält;
- 20 Berechnen eines ersten Teilindex der mindestens zwei Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem einen Spurteilabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 2, angewandt auf die Positionen des einen Spurteilabschnitts;
- 25 Berechnen eines zweiten Teilindex der übrigen zwei Impulse mit Amplitude ungleich null unter Verwendung der Prozedur 2, angewandt auf die Positionen des ganzen unteren Spurabschnitts; und
Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der drei Impulse mit Amplitude ungleich null durch Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes.
- 30 **24.** Verfahren zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 23 definiert, bei dem die Prozedur 4 umfasst:
- wenn der eine Spurteilabschnitt der obere Teilabschnitt ist,
- 35 das Berechnen eines ersten Teilindex der mindestens zwei Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem einen Spurteilabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 2 umfasst, die Positionen der mindestens zwei Impulse mit Amplitude ungleich null von dem oberen Spurteilabschnitt zu dem unteren Spurteilabschnitt zu verschieben.
- 40 **25.** Verfahren zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 24 definiert, bei dem das Verschieben der Positionen der mindestens zwei Impulse mit Amplitude ungleich null von dem oberen Teilabschnitt zu dem unteren Teilabschnitt umfasst, eine Anzahl von niederwertigsten Bits der Positionsindizes der mindestens zwei Impulse mit Amplitude ungleich null mit einer aus der Anzahl Einsen bestehenden Maske zu maskieren.
- 45 **26.** Verfahren zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 23 definiert, bei dem, wenn $X = 5$:
- das Teilen der Positionen der einen Spur in zwei Spurabschnitte umfasst, die Positionen der einen Spur in untere und obere Abschnitte zu teilen; und
die Prozedur 5 umfasst:
- 50 Detektieren eines der unteren und oberen Spurabschnitte, in denen die Positionen von mindestens drei Impulsen mit Amplitude ungleich null liegen;
Berechnen eines ersten Teilindex von drei Impulsen mit Amplitude ungleich null, die in dem einen Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 3, angewandt auf die Positionen des einen Spurabschnitts;
- 55 Berechnen eines zweiten Teilindex der übrigen zwei Impulse mit Amplitude ungleich null unter Verwendung der Prozedur 2, angewandt auf die Positionen der ganzen einen Spur; und
Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der fünf Impulse mit Amplitude ungleich null durch Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes.

EP 1 354 315 B1

27. Verfahren zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 23 definiert, bei dem, wenn X = 5:

das Teilen der Positionen der einen Spur in zwei Abschnitte umfasst, die Positionen der einen Spur in untere und obere Spurabschnitte zu teilen; und
die Prozedur 5 umfasst:

- wenn der obere Spurabschnitt die Positionen der fünf Impulse mit Amplitude ungleich null enthält:

Berechnen eines ersten Teilindex von drei Impulsen mit Amplitude ungleich null, die in dem oberen Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 3, angewandt auf die Positionen des oberen Spurabschnitts;

Berechnen eines zweiten Teilindex der übrigen zwei Impulse mit Amplitude ungleich null unter Verwendung der Prozedur 2, angewandt auf die Positionen der ganzen einen Spur; und

Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der fünf Impulse mit Amplitude ungleich null durch Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes;

- wenn der untere Spurabschnitt die Position eines Impulses mit Amplitude ungleich null enthält und der obere Spurabschnitt die Positionen der vier anderen Impulse mit Amplitude ungleich null enthält:

Berechnen eines ersten Teilindex von drei Impulsen mit Amplitude ungleich null, die in dem oberen Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 3, angewandt auf die Positionen des oberen Spurabschnitts;

Berechnen eines zweiten Teilindex der übrigen zwei Impulse mit Amplitude ungleich null unter Verwendung der Prozedur 2, angewandt auf die Positionen der ganzen einen Spur; und

Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der fünf Impulse mit Amplitude ungleich null durch Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes;

- wenn der untere Spurabschnitt die Positionen von zwei Impulsen mit Amplitude ungleich null enthält und der obere Spurabschnitt die Positionen der drei anderen Impulse mit Amplitude ungleich null enthält:

Berechnen eines ersten Teilindex der drei Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem oberen Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 3, angewandt auf die Positionen des oberen Spurabschnitts;

Berechnen eines zweiten Teilindex der übrigen zwei Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem unteren Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 2, angewandt auf die Positionen der ganzen einen Spur; und

Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der fünf Impulse mit Amplitude ungleich null durch Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes;

- wenn der untere Spurabschnitt die Position von drei Impulsen mit Amplitude ungleich null enthält und der obere Spurabschnitt die Positionen der anderen zwei Impulse mit Amplitude ungleich null enthält:

Berechnen eines ersten Teilindex der drei Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem unteren Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 3, angewandt auf die Positionen des unteren Spurabschnitts;

Berechnen eines zweiten Teilindex der übrigen zwei Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem oberen Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 2, angewandt auf die Positionen der ganzen einen Spur; und

Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der fünf Impulse mit Amplitude ungleich null durch Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes;

- wenn der untere Spurabschnitt die Positionen von vier Impulsen mit Amplitude ungleich null enthält und der obere Spurabschnitt die Position des anderen Impulses mit Amplitude ungleich null enthält:

Berechnen eines ersten Teilindex von drei Impulsen mit Amplitude ungleich null, die in dem unteren Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 3, angewandt auf die Positionen des unteren Spurabschnitts;

Berechnen eines zweiten Teilindex der übrigen zwei Impulse mit Amplitude ungleich null unter Ver-

EP 1 354 315 B1

- wendung der Prozedur 2, angewandt auf die Positionen der ganzen einen Spur; und Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der fünf Impulse mit Amplitude ungleich null durch Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes;
- 5 - wenn der untere Spurabschnitt die Positionen der fünf Impulse mit Amplitude ungleich null enthält:
Berechnen eines ersten Teilindex von drei Impulsen mit Amplitude ungleich null, die in dem unteren Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 3, angewandt auf die Positionen des unteren Spurabschnitts;
- 10 Berechnen eines zweiten Teilindex der übrigen zwei Impulse mit Amplitude ungleich null unter Verwendung der Prozedur 2, angewandt auf die Positionen der ganzen einen Spur; und Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der fünf Impulse mit Amplitude ungleich null durch Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes.
- 15 **28.** Verfahren zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 27 definiert, bei dem, wenn $X = 6$:
das Teilen der Positionen der einen Spur in zwei Abschnitte umfasst, die Positionen der einen Spur in untere und obere Spurabschnitte zu teilen; und
die Prozedur 6 umfasst:
- 20 - wenn der obere Spurabschnitt die Positionen der sechs Impulse mit Amplitude ungleich null enthält:
Berechnen eines ersten Teilindex von fünf Impulsen mit Amplitude ungleich null, die in dem oberen Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 5, angewandt auf die Positionen des oberen Spurabschnitts;
Berechnen eines zweiten Teilindex des übrigen Impulses mit Amplitude ungleich null unter Verwendung der Prozedur 1, angewandt auf die Positionen des oberen Spurabschnitts; und
Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der sechs Impulse mit Amplitude ungleich null durch Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes;
- 25 - wenn der untere Spurabschnitt die Position eines Impulses mit Amplitude ungleich null enthält und der obere Spurabschnitt die Positionen der fünf anderen Impulse mit Amplitude ungleich null enthält:
Berechnen eines ersten Teilindex der fünf Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem oberen Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 5, angewandt auf die Positionen des oberen Spurabschnitts;
Berechnen eines zweiten Teilindex des Impulses mit Amplitude ungleich null, der in dem unteren Spurabschnitt liegt, unter Verwendung der Prozedur 1, angewandt auf die Positionen des unteren Spurabschnitts; und
Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der sechs Impulse mit Amplitude ungleich null durch Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes;
- 30 - wenn der untere Spurabschnitt die Positionen von zwei Impulsen mit Amplitude ungleich null enthält und der obere Spurabschnitt die Positionen der vier anderen Impulse mit Amplitude ungleich null enthält:
Berechnen eines ersten Teilindex der vier Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem oberen Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 4, angewandt auf die Positionen des oberen Spurabschnitts;
Berechnen eines zweiten Teilindex der übrigen zwei Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem unteren Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 2, angewandt auf die Positionen des unteren Spurabschnitts; und
Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der sechs Impulse mit Amplitude ungleich null durch Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes;
- 35 - wenn der untere Spurabschnitt die Positionen von drei Impulsen mit Amplitude ungleich null enthält und der obere Spurabschnitt die Positionen der anderen drei Impulse mit Amplitude ungleich null enthält:
Berechnen eines ersten Teilindex der drei Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem unteren

EP 1 354 315 B1

- Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 3, angewandt auf die Positionen des unteren Spurabschnitts;
- 5 Berechnen eines zweiten Teilindex der übrigen drei Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem oberen Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 3, angewandt auf die Positionen des oberen Spurabschnitts; und
- Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der sechs Impulse mit Amplitude ungleich null durch Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes;
- 10 - wenn der untere Spurabschnitt die Positionen von vier Impulsen mit Amplitude ungleich null enthält und der obere Spurabschnitt die Positionen der anderen zwei Impulse mit Amplitude ungleich null enthält:
- Berechnen eines ersten Teilindex der vier Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem unteren Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 4, angewandt auf die Positionen des unteren Spurabschnitts;
- 15 Berechnen eines zweiten Teilindex der übrigen zwei Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem oberen Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 2, angewandt auf die Positionen des oberen Spurabschnitts; und
- Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der sechs Impulse mit Amplitude ungleich null durch Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes;
- 20 - wenn der untere Spurabschnitt die Positionen von fünf Impulsen mit Amplitude ungleich null enthält und der obere Spurabschnitt die Position des übrigen Impulses mit Amplitude ungleich null enthält:
- Berechnen eines ersten Teilindex der fünf Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem unteren Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 5, angewandt auf die Positionen des unteren Spurabschnitts;
- 25 Berechnen eines zweiten Teilindex des übrigen Impulses mit Amplitude ungleich null, der in dem oberen Spurabschnitt liegt, unter Verwendung der Prozedur 1, angewandt auf die Positionen des oberen Spurabschnitts; und
- 30 Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der sechs Impulse mit Amplitude ungleich null durch Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes; und
- wenn der untere Spurabschnitt die Positionen der sechs Impulse mit Amplitude ungleich null enthält:
- 35 Berechnen eines ersten Teilindex von fünf Impulsen mit Amplitude ungleich null, die in dem unteren Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 5, angewandt auf die Positionen des unteren Spurabschnitts;
- Berechnen eines zweiten Teilindex des übrigen Impulses mit Amplitude ungleich null, der in dem unteren Spurabschnitt liegt, unter Verwendung der Prozedur 1, angewandt auf die Positionen des unteren Spurabschnitts; und
- 40 Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der sechs Impulse mit Amplitude ungleich null durch Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes.
29. Vorrichtung zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden in einem algebraischen Codebuch für effizientes Codieren und Decodieren eines Schallsignals,
wobei:
- 45 - das Codebuch einen Satz von Impulsamplitude-/positions-kombinationen umfasst;
- 50 - jede Impulsamplitude-/positions-kombination eine Anzahl von verschiedenen Positionen definiert und sowohl Impulse mit Amplitude gleich null als auch Impulse mit Amplitude ungleich null, die zu jeweiligen Positionen der Kombination gehören, umfasst; und
- jeder Impuls mit Amplitude ungleich null eine von einer Vielzahl von möglichen Amplituden annimmt; und
- wobei die Indexierzvorrichtung umfasst:
- 55 - einen Satz von mindestens einer Spur der Impulspositionen, wobei die Position jedes Impulses mit Amplitude ungleich null jeder Impulsamplitude-/positions-kombination auf eine Spur des Satzes beschränkt ist;
- eine Einrichtung zum Indexieren in Übereinstimmung mit einer ersten Prozedur, nachfolgend Prozedur 1

EP 1 354 315 B1

genannt, der Position und Amplitude eines Impulses mit Amplitude ungleich null, wenn nur die Position des einen Impulses mit Amplitude ungleich null in einer Spur des Satzes liegt;

- eine Einrichtung zum Indexieren in Übereinstimmung mit einer zweiten Prozedur, nachfolgend Prozedur 2 genannt, der Positionen und Amplituden von zwei Impulsen mit Amplitude ungleich null, wenn nur die Positionen der zwei Impulse mit Amplitude ungleich null in einer Spur des Satzes liegen; und

- wenn die Positionen einer Anzahl X von Impulsen mit Amplitude ungleich null in einer Spur des Satzes liegen, wobei $X \geq 3$:

- eine Einrichtung zum Teilen der Positionen der einen Spur in zwei Abschnitte;
- eine Einrichtung zur Durchführung einer weiteren, zu der Anzahl X gehörenden Prozedur, nachfolgend Prozedur X genannt, zum Indexieren der Positionen und Amplituden der X Impulse mit Amplitude ungleich null, wobei die Einrichtung zur Durchführung der Prozedur X umfasst:

• eine Einrichtung zum Identifizieren, in welchem der zwei Spurabschnitte jeder Impuls mit Amplitude ungleich null liegt; und

• eine Einrichtung zum Berechnen von Teilindizes der X Impulse mit Amplitude ungleich null unter Verwendung der Prozeduren 1 und 2 in mindestens einem der Spurabschnitte und der ganzen Spur; und

• eine Einrichtung zum Berechnen eines Positions- und Amplitudenindex der X Impulse mit Amplitude ungleich null, wobei die Indexberechnungseinrichtung eine Einrichtung zum Kombinieren der Teilindizes umfasst.

30. Vorrichtung zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 29 definiert, welche eine Einrichtung umfasst, um die Impulspositionen jeder Spur mit den Impulspositionen der anderen Spuren zu verschachteln.

31. Vorrichtung zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 29 definiert, bei der die Einrichtung zum Berechnen eines Positions- und Amplitudenindex der X Impulse mit Amplitude ungleich null umfasst:

eine Einrichtung zum Berechnen mindestens eines Zwischenindex durch Kombinieren von mindestens zwei der Teilindizes, und

Berechnen des Positions- und Amplitudenindex der X Impulse mit Amplitude ungleich null durch Kombinieren der übrigen Teilindizes und des mindestens einen Zwischenindex.

32. Vorrichtung zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 29 definiert, bei der die Prozedur 1 eine Einrichtung zum Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex umfasst, der einen Positionsindex, der die Position des einen Impulses mit Amplitude ungleich null in der einen Spur anzeigt, und einen Amplitudenindex, der die Amplitude des einen Impulses mit Amplitude ungleich null anzeigt, enthält.

33. Vorrichtung zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 32 definiert, bei der der Positionsindex eine erste Gruppe von Bits umfasst und der Amplitudenindex mindestens ein Bit umfasst.

34. Vorrichtung zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 33 definiert, bei der das mindestens eine Bit des Amplitudenindex ein Bit höheren Ranges ist.

35. Vorrichtung zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 33 definiert, bei der die Vielzahl von möglichen Amplituden jedes Impulses mit Amplitude ungleich null +1 und -1 umfasst und bei der das mindestens eine Bit des Amplitudenindex ein Vorzeichenbit ist.

36. Vorrichtung zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 29 definiert, bei der:

die Vielzahl von möglichen Amplituden jedes Impulses mit Amplitude ungleich null +1 und -1 umfasst; und die Prozedur 1 umfasst, einen Positions- und Amplitudenindex des einen Impulses mit Amplitude ungleich null zu erzeugen, mit der Form:

$$I_{1p} = p + s \times 2^M$$

EP 1 354 315 B1

wobei p ein Positionsindex des einen Impulses mit Amplitude ungleich null in der einen Spur ist, s ein Vorzeichenindex des einen Impulses mit Amplitude ungleich null ist und 2^M die Anzahl von Positionen in der einen Spur ist.

- 5 **37.** Vorrichtung zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 36 definiert, bei der die Anzahl von Positionen in der einen Spur 16 ist und bei der der Positions- und Amplitudenindex ein 5-Bit-Index ist, dargestellt in der folgenden Tabelle:

10

	Vorzeichen	Position			
		b_3	b_2	b_1	b_0
	s				

- 15 **38.** Vorrichtung zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 29 definiert, bei der die Prozedur 2 eine Einrichtung zum Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex umfasst, der enthält:

20 erste und zweite Positionsindizes, die jeweils die Positionen der zwei Impulse mit Amplitude ungleich null in der einen Spur anzeigen; und
25 einen Amplitudenindex, der die Amplituden der zwei Impulse mit Amplitude ungleich null anzeigt.

- 20 **39.** Vorrichtung zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 38 definiert, bei der im Positions- und Amplitudenindex:

25 der Amplitudenindex mindestens ein Bit umfasst;
25 der erste Positionsindex eine erste Gruppe von Bits umfasst; und
25 der zweite Positionsindex eine zweite Gruppe von Bits umfasst.

- 30 **40.** Vorrichtung zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 39 definiert, bei der im Positions- und Amplitudenindex:

30 das mindestens eine Bit des Amplitudenindex ein Bit höheren Ranges ist;
30 die Bits der ersten Gruppe Bits mittleren Ranges sind; und
30 die Bits der zweiten Gruppe Bits niedrigeren Ranges sind.

- 35 **41.** Vorrichtung zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 39 definiert, bei der die Vielzahl 45 von möglichen Amplituden jedes Impulses mit Amplitude ungleich null +1 und -1 umfasst und bei der das mindestens eine Bit des Amplitudenindex ein Vorzeichenbit ist.

- 40 **42.** Vorrichtung zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 39 definiert, bei der die Prozedur 40 2 umfasst:

45 - wenn die zwei Impulse gleiche Amplitude haben:

45 eine Einrichtung zum Erzeugen eines Amplitudenindex, der die Amplitude des Impulses mit Amplitude ungleich null anzeigt, dessen Position durch den ersten Positionsindex angezeigt wird;
45 eine Einrichtung zum Erzeugen eines ersten Positionsindex, der die kleinere Position der zwei Impulse mit Amplitude ungleich null in der einen Spur anzeigt;
45 eine Einrichtung zum Erzeugen eines zweiten Positionsindex, der die größere Position der zwei Impulse mit Amplitude ungleich null in der einen Spur anzeigt; und

- 50 - wenn die zwei Impulse verschiedene Amplituden haben:

55 eine Einrichtung zum Erzeugen eines Amplitudenindex, der die Amplitude des Impulses mit Amplitude ungleich null anzeigt, dessen Position durch den ersten Positionsindex angezeigt wird;
55 eine Einrichtung zum Erzeugen eines ersten Positionsindex, der die größere Position der zwei Impulse mit Amplitude ungleich null in der einen Spur anzeigt; und
55 eine Einrichtung zum Erzeugen eines zweiten Positionsindex, der die kleinere Position der zwei Impulse

EP 1 354 315 B1

mit Amplitude ungleich null in der einen Spur anzeigt.

43. Vorrichtung zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 29 definiert, bei der die Prozedur 5
2, wenn die Position eines ersten Impulses mit Amplitude ungleich null mit Positionsindex p_0 und Vorzeichenindex σ_0 und die Position eines zweiten Impulses mit Amplitude ungleich null mit Positionsindex p_1 und Vorzeichenindex σ_1 in einer Spur des Satzes liegen, eine Einrichtung zum Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der ersten und zweiten Impulse mit Amplitude ungleich null in der Form umfasst:

10 Wenn $\sigma_0 = \sigma_1$

Wenn $p_0 \leq p_1$

$$I_{2p} = p_1 + p_0 \times 2^M + \sigma_0 \times 2^{2M}$$

15 Wenn $p_0 \geq p_1$

$$I_{2p} = p_0 + p_1 \times 2^M + \sigma_0 \times 2^{2M}$$

20 Wenn $\sigma_0 \neq \sigma_1$

25 Wenn $p_0 \leq p_1$

$$I_{2p} = p_0 + p_1 \times 2^M + \sigma_1 \times 2^{2M}$$

30 Wenn $p_0 \geq p_1$

$$I_{2p} = p_1 + p_0 \times 2^M + \sigma_0 \times 2^{2M}$$

35 wobei 2^M die Anzahl von Positionen in der einen Spur ist.

44. Vorrichtung zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 43 definiert, bei der die Anzahl 40 von Positionen in der einen Spur 16 ist und bei der der Positions- und Amplitudenindex ein 9-Bit-Index ist, dargestellt in der folgenden Tabelle:

Vorzeichen	Position p_0				Position p_1			
	b_3	b_3	b_2	b_0	b_3	b_2	b_1	b_0
s								

45. Vorrichtung zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 29 definiert, bei der, wenn X = 3:

50 die Einrichtung zum Teilen der Positionen der einen Spur in zwei Abschnitte eine Einrichtung zum Teilen der Positionen der einen Spur in untere und obere Spurabschnitte umfasst; und die Prozedur 3 umfasst:

55 eine Einrichtung zum Identifizieren von einem der oberen und unteren Spurabschnitte, der die Positionen von mindestens zwei Impulsen mit Amplitude ungleich null enthält;

eine Einrichtung zum Berechnen eines ersten Teilindex der mindestens zwei Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem einen Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 2, angewandt auf die Positionen des einen Spurabschnitts;

EP 1 354 315 B1

5 eine Einrichtung zum Berechnen eines zweiten Teilindex der übrigen Impulse mit Amplitude ungleich null unter Verwendung der Prozedur 1, angewandt auf die Positionen der ganzen einen Spur; und
eine Einrichtung zum Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der drei Impulse mit Amplitude ungleich null, wobei die Indexerzeugungseinrichtung eine Einrichtung zum Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes umfasst.

46. Vorrichtung zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 45 definiert, bei der:

10 die Einrichtung zum Berechnen eines ersten Teilindex der mindestens zwei Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem einen Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 2, wenn die Positionen der mindestens zwei Impulse mit Amplitude ungleich null in dem oberen Abschnitt liegen, eine Einrichtung zum Verschieben der Positionen der mindestens zwei Impulse mit Amplitude ungleich null von dem oberen Abschnitt zu dem unteren Abschnitt umfasst.

15 47. Vorrichtung zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 46 definiert, bei der die Einrichtung zum Verschieben der Positionen der mindestens zwei Impulse mit Amplitude ungleich null von dem oberen Abschnitt zu dem unteren Abschnitt eine Einrichtung zum Maskieren einer Anzahl von niederwertigsten Bits der Positionsindizes der mindestens zwei Impulse mit Amplitude ungleich null mit einer aus der Anzahl Einsen bestehenden Maske umfasst.

20 48. Vorrichtung zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 45 definiert, bei der die Einrichtung zum Berechnen eines ersten Teilindex der mindestens zwei Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem einen Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 2 eine Einrichtung zum Einfügen eines Abschnittsindex umfasst, der den einen der unteren und oberen Spurabschnitte anzeigt, in dem die mindestens zwei Impulse mit Amplitude ungleich null liegen.

25 49. Vorrichtung zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 45 definiert, bei der die Anzahl von Positionen in der einen Spur 16 ist und bei der der Positions- und Amplitudenindex ein 13-Bit-Index ist, dargestellt in der folgenden Tabelle:

30

Vorzeichen	Position des dritten Impulses					Abschnittsindex	2 Pulse in Abschnitt k							
							s ₀	p ₀				p ₁		
s	b ₃	b ₂	b ₁	b ₀	k	s	b ₂	b ₁	b ₀	b ₂	b ₁	b ₀		

50. Vorrichtung zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 29 definiert, bei der:

40 die Prozedur 1 eine Einrichtung zum Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex umfasst, der einen Positionsindex, der die Position des einen Impulses mit Amplitude ungleich null in der einen Spur anzeigt, und einen Amplitudenindex enthält, der die Amplitude des einen Impulses mit Amplitude ungleich null anzeigt, wobei der Positionsindex eine erste Gruppe von Bits umfasst und der Positionsindex mindestens ein Bit umfasst; die Prozedur 2 eine Einrichtung zum Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex umfasst, der erste und zweite Positionsindizes, die jeweils die Positionen der zwei Impulse mit Amplitude ungleich null in der einen Spur anzeigen, und einen Amplitudenindex enthält, der die Amplituden der zwei Impulse mit Amplitude ungleich null anzeigt, wobei der Amplitudenindex mindestens ein Bit umfasst, der erste Positionsindex eine erste Gruppe von Bits umfasst und der zweite Positionsindex eine zweite Gruppe von Bits umfasst; wenn X = 3:

50

die Einrichtung zum Teilen der Positionen der einen Spur in zwei Abschnitte eine Einrichtung zum Teilen der Positionen der einen Spur in untere und obere Spurabschnitte umfasst; und die Prozedur 3 umfasst:

55

eine Einrichtung zum Identifizieren von einem der oberen und unteren Spurabschnitte, der die Positionen von mindestens zwei Impulsen mit Amplitude ungleich null enthält; eine Einrichtung zum Berechnen eines ersten Teilindex der mindestens zwei Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem einen Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 2, angewandt

EP 1 354 315 B1

5 auf die Positionen des einen Spurabschnitts;
eine Einrichtung zum Berechnen eines zweiten Teilindex der übrigen Impulse mit Amplitude ungleich null unter Verwendung der Prozedur 1, angewandt auf die Positionen der ganzen einen Spur; und
eine Einrichtung zum Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der drei Impulse mit Amplitude ungleich null, wobei die Indexerzeugungseinrichtung eine Einrichtung zum Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes umfasst.

51. Vorrichtung zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 50 definiert, bei der, wenn $X = 4$:

10 die Einrichtung zum Teilen der Positionen der einen Spur in zwei Abschnitte eine Einrichtung zum Teilen der Positionen der einen Spur in untere und obere Spurabschnitte umfasst; und
die Prozedur 4 umfasst:

- wenn der obere Spurabschnitt die Positionen der vier Impulse mit Amplitude ungleich null enthält:

15 eine Einrichtung zum weiter Teilen des oberen Spurabschnitts in untere und obere Spurteilabschnitte; eine Einrichtung zum Identifizieren von einem der oberen und unteren Spurteilabschnitte, der die Positionen von mindestens zwei Impulsen mit Amplitude ungleich null enthält;

20 eine Einrichtung zum Berechnen eines ersten Teilindex der mindestens zwei Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem einen Spurteilabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 2, angewandt auf die Positionen des einen Spurteilabschnitts;

eine Einrichtung zum Berechnen eines zweiten Teilindex der übrigen zwei Impulse mit Amplitude ungleich null unter Verwendung der Prozedur 2, angewandt auf die Positionen des ganzen oberen Spurabschnitts; und

25 eine Einrichtung zum Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der vier Impulse mit Amplitude ungleich null, wobei die Indexerzeugungseinrichtung eine Einrichtung zum Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes umfasst;

30 - wenn der untere Spurabschnitt die Position eines Impulses mit Amplitude ungleich null enthält und der obere Spurabschnitt die Positionen der drei anderen Impulse mit Amplitude ungleich null enthält:

eine Einrichtung zum Berechnen eines ersten Teilindex des einen Impulses mit Amplitude ungleich null, der in dem unteren Spurabschnitt liegt, unter Verwendung der Prozedur 1, angewandt auf die Positionen des unteren Spurabschnitts;

35 eine Einrichtung zum Berechnen eines zweiten Teilindex der übrigen drei Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem oberen Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 3, angewandt auf die Positionen des oberen Spurabschnitts; und

eine Einrichtung zum Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der vier Impulse mit Amplitude ungleich null, wobei die Indexerzeugungseinrichtung eine Einrichtung zum Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes umfasst;

- wenn der untere Spurabschnitt die Positionen von zwei Impulsen mit Amplitude ungleich null enthält und der obere Spurabschnitt die Positionen der zwei anderen Impulse mit Amplitude ungleich null enthält:

45 eine Einrichtung zum Berechnen eines ersten Teilindex der zwei Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem unteren Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 2, angewandt auf die Positionen des unteren Spurabschnitts;

eine Einrichtung zum Berechnen eines zweiten Teilindex der übrigen zwei Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem oberen Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 2, angewandt auf die Positionen des oberen Spurabschnitts; und eine Einrichtung zum Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der vier Impulse mit Amplitude ungleich null, wobei die Indexerzeugungseinrichtung eine Einrichtung zum Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes umfasst;

50 - wenn der untere Spurabschnitt die Positionen von drei Impulsen mit Amplitude ungleich null enthält und der obere Spurabschnitt die Position des anderen Impulses mit Amplitude ungleich null enthält:

eine Einrichtung zum Berechnen eines ersten Teilindex der drei Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem unteren Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 3, angewandt auf die Posi-

EP 1 354 315 B1

tionen des unteren Spurabschnitts;
eine Einrichtung zum Berechnen eines zweiten Teilindex des übrigen Impulses mit Amplitude ungleich null, der in dem oberen Spurabschnitt liegt, unter Verwendung der Prozedur 1, angewandt auf die Positionen des oberen Spurabschnitts; und
5 eine Einrichtung zum Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der vier Impulse mit Amplitude ungleich null, wobei die Indexerzeugungseinrichtung eine Einrichtung zum Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes umfasst;

- wenn der untere Spurabschnitt die Positionen der vier Impulse mit Amplitude ungleich null enthält:

10 eine Einrichtung zum weiter Teilen des unteren Spurabschnitt in untere und obere Spurteilabschnitte;
eine Einrichtung zum Identifizieren von einem der oberen und unteren Spurteilabschnitte, der die Positionen von mindestens zwei Impulsen mit Amplitude ungleich null enthält;
15 eine Einrichtung zum Berechnen eines ersten Teilindex der mindestens zwei Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem einen Spurteilabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 2, angewandt auf die Positionen des einen Spurteilabschnitts;
eine Einrichtung zum Berechnen eines zweiten Teilindex der übrigen zwei Impulse mit Amplitude ungleich null unter Verwendung der Prozedur 2, angewandt auf die Positionen des ganzen unteren Spurabschnitts; und
20 eine Einrichtung zum Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der vier Impulse mit Amplitude ungleich null, wobei die Indexerzeugungseinrichtung eine Einrichtung zum Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes umfasst.

25 **52.** Vorrichtung zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 51 definiert, bei der die Prozedur 4 umfasst:

- wenn der eine Spurteilabschnitt der obere Teilabschnitt ist,
die Einrichtung zum Berechnen eines ersten Teilindex der mindestens zwei Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem einen Spurteilabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 2 eine Einrichtung zum Verschieben der Positionen der mindestens zwei Impulse mit Amplitude ungleich null von dem oberen Spurteilabschnitt zu dem unteren Spurteilabschnitt umfasst.

30 **53.** Vorrichtung zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 24 definiert, bei der die Einrichtung zum Verschieben der Positionen der mindestens zwei Impulse mit Amplitude ungleich null von dem oberen Teilabschnitt zu dem unteren Teilabschnitt eine Einrichtung zum Maskieren einer Anzahl von niederwertigsten Bits der Positionsindizes der mindestens zwei Impulse mit Amplitude ungleich null mit einer aus der Anzahl Einsen bestehenden Maske umfasst.

35 **54.** Vorrichtung zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 51 definiert, bei der, wenn $X = 5$:

40 die Einrichtung zum Teilen der Positionen der einen Spur in zwei Abschnitte eine Einrichtung zum Teilen der Positionen der einen Spur in untere und obere Abschnitte umfasst; und
die Prozedur 5 umfasst:

45 eine Einrichtung zum Detektieren eines der unteren und oberen Spurabschnitte, in denen die Positionen von mindestens drei Impulsen mit Amplitude ungleich null liegen;
eine Einrichtung zum Berechnen eines ersten Teilindex von drei Impulsen mit Amplitude ungleich null, die in dem einen Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 3, angewandt auf die Positionen des einen Spurabschnitts;
50 eine Einrichtung zum Berechnen eines zweiten Teilindex der übrigen zwei Impulse mit Amplitude ungleich null unter Verwendung der Prozedur 2, angewandt auf die Positionen der ganzen einen Spur; und
eine Einrichtung zum Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der fünf Impulse mit Amplitude ungleich null, wobei die Indexerzeugungseinrichtung eine Einrichtung zum Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes umfasst.

55 **55.** Vorrichtung zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden, wie in Anspruch 51 definiert, bei der, wenn $X = 5$:

die Einrichtung zum Teilen der Positionen der einen Spur in zwei Abschnitte eine Einrichtung zum Teilen der

EP 1 354 315 B1

Positionen der einen Spur in untere und obere Spurabschnitte umfasst; und die Prozedur 5 umfasst:

- wenn der obere Spurabschnitt die Positionen der fünf Impulse mit Amplitude ungleich null enthält:

5 eine Einrichtung zum Berechnen eines ersten Teilindex von drei Impulsen mit Amplitude ungleich null, die in dem oberen Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 3, angewandt auf die Positionen des oberen Spurabschnitts;

10 eine Einrichtung zum Berechnen eines zweiten Teilindex der übrigen zwei Impulse mit Amplitude ungleich null unter Verwendung der Prozedur 2, angewandt auf die Positionen der ganzen einen Spur; und

15 eine Einrichtung zum Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der fünf Impulse mit Amplitude ungleich null, wobei die Indexerzeugungseinrichtung eine Einrichtung zum Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes umfasst;

- wenn der untere Spurabschnitt die Position eines Impulses mit Amplitude ungleich null enthält und der obere Spurabschnitt die Positionen der vier anderen Impulse mit Amplitude ungleich null enthält:

20 eine Einrichtung zum Berechnen eines ersten Teilindex von drei Impulsen mit Amplitude ungleich null, die in dem oberen Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 3, angewandt auf die Positionen des oberen Spurabschnitts;

25 eine Einrichtung zum Berechnen eines zweiten Teilindex der übrigen zwei Impulse mit Amplitude ungleich null unter Verwendung der Prozedur 2, angewandt auf die Positionen der ganzen einen Spur; und

30 eine Einrichtung zum Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der fünf Impulse mit Amplitude ungleich null, wobei die Indexerzeugungseinrichtung eine Einrichtung zum Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes umfasst;

- wenn der untere Spurabschnitt die Positionen von zwei Impulsen mit Amplitude ungleich null enthält und der obere Spurabschnitt die Positionen der drei anderen Impulse mit Amplitude ungleich null enthält:

35 eine Einrichtung zum Berechnen eines ersten Teilindex der drei Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem oberen Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 3, angewandt auf die Positionen des oberen Spurabschnitts;

40 eine Einrichtung zum Berechnen eines zweiten Teilindex der übrigen zwei Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem unteren Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 2, angewandt auf die Positionen der ganzen einen Spur; und

45 eine Einrichtung zum Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der fünf Impulse mit Amplitude ungleich null, wobei die Indexerzeugungseinrichtung eine Einrichtung zum Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes umfasst;

- wenn der untere Spurabschnitt die Positionen von drei Impulsen mit Amplitude ungleich null enthält und der obere Spurabschnitt die Positionen der anderen zwei Impulse mit Amplitude ungleich null enthält:

50 eine Einrichtung zum Berechnen eines ersten Teilindex der drei Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem unteren Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 3, angewandt auf die Positionen des unteren Spurabschnitts;

55 Berechnen eines zweiten Teilindex der übrigen zwei Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem oberen Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 2, angewandt auf die Positionen der ganzen einen Spur; und

60 eine Einrichtung zum Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der fünf Impulse mit Amplitude ungleich null, wobei die Indexerzeugungseinrichtung eine Einrichtung zum Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes umfasst;

- wenn der untere Spurabschnitt die Positionen von vier Impulsen mit Amplitude ungleich null enthält und der obere Spurabschnitt die Position des anderen Impulses mit Amplitude ungleich null enthält:

64 eine Einrichtung zum Berechnen eines ersten Teilindex von drei Impulsen mit Amplitude ungleich null,

EP 1 354 315 B1

- die in dem unteren Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 3, angewandt auf die Positionen des unteren Spurabschnitts;
- 5 eine Einrichtung zum Berechnen eines zweiten Teilindex der übrigen zwei Impulse mit Amplitude ungleich null unter Verwendung der Prozedur 2, angewandt auf die Positionen der ganzen einen Spur; und
- eine Einrichtung zum Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der fünf Impulse mit Amplitude ungleich null, wobei die Indexerzeugungseinrichtung eine Einrichtung zum Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes umfasst;
- 10 - wenn der untere Spurabschnitt die Positionen der fünf Impulse mit Amplitude ungleich null enthält:
- eine Einrichtung zum Berechnen eines ersten Teilindex von drei Impulsen mit Amplitude ungleich null, die in dem unteren Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 3, angewandt auf die Positionen des unteren Spurabschnitts;
- 15 eine Einrichtung zum Berechnen eines zweiten Teilindex der übrigen zwei Impulse mit Amplitude ungleich null unter Verwendung der Prozedur 2, angewandt auf die Positionen der ganzen einen Spur; und
- eine Einrichtung zum Erzeugen eines Positions und Amplitudenindex der fünf Impulse mit Amplitude ungleich null, wobei die Indexerzeugungseinrichtung eine Einrichtung zum Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes umfasst.
- 20
- 56.** Vorrichtung zum Indexieren von Impulspositionen und amplituden, wie in Anspruch 55 definiert, bei der, wenn $X = 6$:
- 25 die Einrichtung zum Teilen der Positionen der einen Spur in zwei Abschnitte eine Einrichtung zum Teilen der Positionen der einen Spur in untere und obere Spurabschnitte umfasst; und die Prozedur 6 umfasst:
- wenn der obere Spurabschnitt die Positionen der sechs Impulse mit Amplitude ungleich null enthält:
- 30 eine Einrichtung zum Berechnen eines ersten Teilindex von fünf Impulsen mit Amplitude ungleich null, die in dem oberen Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 5, angewandt auf die Positionen des oberen Spurabschnitts;
- eine Einrichtung zum Berechnen eines zweiten Teilindex des übrigen Impulses mit Amplitude ungleich null unter Verwendung der Prozedur 1, angewandt auf die Positionen des oberen Spurabschnitts; und
- 35 eine Einrichtung zum Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der sechs Impulse mit Amplitude ungleich null, wobei die Indexerzeugungseinrichtung eine Einrichtung zum Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes umfasst;
- wenn der untere Spurabschnitt die Position eines Impulses mit Amplitude ungleich null enthält und der obere Spurabschnitt die Positionen der fünf anderen Impulse mit Amplitude ungleich null enthält:
- 40 eine Einrichtung zum Berechnen eines ersten Teilindex der fünf Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem oberen Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 5, angewandt auf die Positionen des oberen Spurabschnitts;
- eine Einrichtung zum Berechnen eines zweiten Teilindex des Impulses mit Amplitude ungleich null, der in dem unteren Spurabschnitt liegt, unter Verwendung der Prozedur 1, angewandt auf die Positionen des unteren Spurabschnitts; und
- 45 eine Einrichtung zum Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der sechs Impulse mit Amplitude ungleich null, wobei die Indexerzeugungseinrichtung eine Einrichtung zum Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes umfasst;
- wenn der untere Spurabschnitt die Positionen von zwei Impulsen mit Amplitude ungleich null enthält und der obere Spurabschnitt die Positionen der vier anderen Impulse mit Amplitude ungleich null enthält:
- 50 eine Einrichtung zum Berechnen eines ersten Teilindex der vier Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem oberen Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 4, angewandt auf die Positionen des oberen Spurabschnitts;
- eine Einrichtung zum Berechnen eines zweiten Teilindex der übrigen zwei Impulse mit Amplitude

EP 1 354 315 B1

ungleich null, die in dem unteren Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 2, angewandt auf die Positionen des unteren Spurabschnitts; und eine Einrichtung zum Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der sechs Impulse mit Amplitude ungleich null, wobei die Indexerzeugungseinrichtung eine Einrichtung zum Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes umfasst;

5

- wenn der untere Spurabschnitt die Positionen von drei Impulsen mit Amplitude ungleich null enthält und der obere Spurabschnitt die Positionen der anderen drei Impulse mit Amplitude ungleich null enthält:

10

eine Einrichtung zum Berechnen eines ersten Teilindex der drei Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem unteren Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 3, angewandt auf die Positionen des unteren Spurabschnitts;

eine Einrichtung zum Berechnen eines zweiten Teilindex der übrigen drei Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem oberen Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 3, angewandt auf die Positionen des oberen Spurabschnitts; und

15

eine Einrichtung zum Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der sechs Impulse mit Amplitude ungleich null, wobei die Indexerzeugungseinrichtung eine Einrichtung zum Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes umfasst;

20

- wenn der untere Spurabschnitt die Positionen von vier Impulsen mit Amplitude ungleich null enthält und der obere Spurabschnitt die Positionen der anderen zwei Impulse mit Amplitude ungleich null enthält:

25

eine Einrichtung zum Berechnen eines ersten Teilindex der vier Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem unteren Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 4, angewandt auf die Positionen des unteren Spurabschnitts;

eine Einrichtung zum Berechnen eines zweiten Teilindex der übrigen zwei Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem oberen Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 2, angewandt auf die Positionen des oberen Spurabschnitts; und eine Einrichtung zum Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der sechs Impulse mit Amplitude ungleich null, wobei die Indexerzeugungseinrichtung eine Einrichtung zum Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes umfasst;

30

- wenn der untere Spurabschnitt die Positionen von fünf Impulsen mit Amplitude ungleich null enthält und der obere Spurabschnitt die Position des übrigen Impulses mit Amplitude ungleich null enthält:

35

eine Einrichtung zum Berechnen eines ersten Teilindex der fünf Impulse mit Amplitude ungleich null, die in dem unteren Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 5, angewandt auf die Positionen des unteren Spurabschnitts;

eine Einrichtung zum Berechnen eines zweiten Teilindex des übrigen Impulses mit Amplitude ungleich null, der in dem oberen Spurabschnitt liegt, unter Verwendung der Prozedur 1, angewandt auf die Positionen des oberen Spurabschnitts; und

40

eine Einrichtung zum Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der sechs Impulse mit Amplitude ungleich null, wobei die Indexerzeugungseinrichtung eine Einrichtung zum Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes umfasst; und

- wenn der untere Spurabschnitt die Positionen der sechs Impulse mit Amplitude ungleich null enthält:

45

eine Einrichtung zum Berechnen eines ersten Teilindex von fünf Impulsen mit Amplitude ungleich null, die in dem unteren Spurabschnitt liegen, unter Verwendung der Prozedur 5, angewandt auf die Positionen des unteren Spurabschnitts;

eine Einrichtung zum Berechnen eines zweiten Teilindex des übrigen Impulses mit Amplitude ungleich null, der in dem unteren Spurabschnitt liegt, unter Verwendung der Prozedur 1, angewandt auf die Positionen des unteren Spurabschnitts; und

eine Einrichtung zum Erzeugen eines Positions- und Amplitudenindex der sechs Impulse mit Amplitude ungleich null, wobei die Indexerzeugungseinrichtung eine Einrichtung zum Kombinieren der ersten und zweiten Teilindizes umfasst.

55

57. Zellulares Kommunikationssystem zur Bedienung eines großen geografischen Gebiets, das in eine Vielzahl von Zellen geteilt ist, umfassend:

- mobile Sender-/Empfängereinheiten;
 zellulare Basisstationen, die sich jeweils in den Zellen befinden;
 eine Einrichtung zur Steuerung der Kommunikation zwischen den zellularen Basisstationen;
 ein bidirektionales drahtloses Kommunikations-Teilsystem zwischen jeder mobilen Einheit, die sich in einer Zelle befindet, und der zellularen Basisstation dieser einen Zelle, welches bidirektionale drahtlose Kommunikations-Teilsystem sowohl in der mobilen Einheit als auch der zellularen Basisstation (a) einen Sender mit einer Einrichtung zum Codieren eines Sprachsignals und einer Einrichtung zum Senden des codierten Sprachsignals und (b) einen Empfänger mit einer Einrichtung zum Empfangen eines gesendeten codierten Sprachsignals und einer Einrichtung zum Decodieren des empfangenen codierten Sprachsignals umfasst;
- wobei die Einrichtung zum Codieren eines Sprachsignals eine Einrichtung umfasst, die auf das Sprachsignal antwortet, um Sprachsignal-Codierparameter zu erzeugen, und wobei die Einrichtung zur Erzeugung von Sprachsignal-Codierparametern eine Einrichtung zur Durchsuchung eines algebraischen Codebuchs im Hinblick auf Erzeugung von mindestens einem der Sprachsignal-Codierparameter und eine Vorrichtung wie in irgendinem der Ansprüche 29 bis 56 angegeben zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden in dem algebraischen Codebuch umfasst,
- wobei das Sprachsignal das Schallsignal bildet.
- 58.** Zellulares Netzelement, das (a) einen Sender mit einer Einrichtung zum Codieren eines Sprachsignals und einer Einrichtung zum Senden des codierten Sprachsignals und (b) einen Empfänger mit einer Einrichtung zum Empfangen eines gesendeten codierten Sprachsignals und einer Einrichtung zum Decodieren des empfangenen codierten Sprachsignals umfasst;
- wobei die Einrichtung zum Codieren eines Sprachsignals eine Einrichtung umfasst, die auf das Sprachsignal antwortet, um Sprachsignal-Codierparameter zu erzeugen, und wobei die Einrichtung zur Erzeugung von Sprachsignal-Codierparametern eine Einrichtung zur Durchsuchung eines algebraischen Codebuchs im Hinblick auf Erzeugung von mindestens einem der Sprachsignal-Codierparameter und eine Vorrichtung wie in irgendinem der Ansprüche 29 bis 56 angegeben zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden in dem algebraischen Codebuch umfasst,
- wobei das Sprachsignal das Schallsignal bildet.
- 59.** Zellulare mobile Sender-/Empfängereinheit, die (a) einen Sender mit einer Einrichtung zum Codieren eines Sprachsignals und einer Einrichtung zum Senden des codierten Sprachsignals und (b) einen Empfänger mit einer Einrichtung zum Empfangen eines gesendeten codierten Sprachsignals und einer Einrichtung zum Decodieren des empfangenen codierten Sprachsignals umfasst;
- wobei die Einrichtung zum Codieren eines Sprachsignals eine Einrichtung umfasst, die auf das Sprachsignal antwortet, um Sprachsignal-Codierparameter zu erzeugen, und wobei die Einrichtung zur Erzeugung von Sprachsignal-Codierparametern eine Einrichtung zur Durchsuchung eines algebraischen Codebuchs im Hinblick auf Erzeugung von mindestens einem der Sprachsignal-Codierparameter und eine Vorrichtung wie in irgendinem der Ansprüche 29 bis 56 angegeben zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden in dem algebraischen Codebuch umfasst,
- wobei das Sprachsignal das Schallsignal bildet.
- 60.** Bidirektionales drahtloses Kommunikations-Teilsystem für ein zelluläres Kommunikationssystem, welches System dafür eingerichtet ist, ein geografisches Gebiet zu bedienen, das in eine Vielzahl von Zellen geteilt ist, und umfasst:
- mobile Sender-/Empfängereinheiten;
 zellulare Basisstationen, die sich jeweils in den Zellen befinden; und
 eine Einrichtung zur Steuerung der Kommunikation zwischen den zellularen Basisstationen;
 wobei das Teilsystem dafür eingerichtet ist, zwischen jeder mobilen Einheit, die sich in einer Zelle befindet, und der zellularen Basisstation dieser einen Zelle zu arbeiten,
 wobei das bidirektionale drahtlose Kommunikations-Teilsystem weiterhin sowohl in der mobilen Einheit als auch der zellularen Basisstation umfasst:

- (a) einen Sender mit einer Einrichtung zum Codieren eines Sprachsignals und einer Einrichtung zum Senden des codierten Sprachsignals, und
(b) einen Empfänger mit einer Einrichtung zum Empfangen eines gesendeten codierten Sprachsignals und einer Einrichtung zum Decodieren des empfangenen codierten Sprachsignals;

5 wobei die Einrichtung zum Codieren eines Sprachsignals eine Einrichtung umfasst, die auf das Sprachsignal antwortet, um Sprachsignal-Codierparameter zu erzeugen, und wobei die Einrichtung zur Erzeugung von Sprachsignal-Codierparametern eine Einrichtung zur Durchsuchung eines algebraischen Codebuchs im Hinblick auf Erzeugung von mindestens einem der Sprachsignal-Codierparameter und eine Vorrichtung wie in irgendeinem der Ansprüche 29 bis 56 angegeben zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden in dem algebraischen Codebuch umfasst, wobei das Sprachsignal das Schallsignal bildet.

10 61. Codierer zum Codieren eines Schallsignals, mit einer Schallsignal-Verarbeitungseinrichtung, die auf das Schallsignal antwortet, um Schallsignal-Codierparameter zu erzeugen, wobei die Schallsignal-Verarbeitungseinrichtung umfasst:

15 20 eine Einrichtung zur Durchsuchung eines algebraischen Codebuchs im Hinblick auf Erzeugung von mindestens einem der Sprachsignal-Codierparameter; und eine Vorrichtung wie in irgendeinem der Ansprüche 29 bis 56 angegeben zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden in dem algebraischen Codebuch.

25 62. Decodierer zum Synthetisieren eines Schallsignals als Antwort auf Schallsignal-Codierparameter, umfassend:

20 25 eine Codierparameter-Verarbeitungseinrichtung, die auf die Schallsignal-Codierparameter antwortet, um ein Erregungssignal zu erzeugen, wobei die Codierparameter-Verarbeitungseinrichtung umfasst:

30 35 ein algebraisches Codebuch, das auf mindestens einen der Sprachsignal-Codierparameter reagiert, um einen Teil des Erregungssignals zu erzeugen; und
eine Vorrichtung wie in irgendeinem der Ansprüche 29 bis 56 angegeben zum Indexieren von Impulspositionen und -amplituden in dem algebraischen Codebuch; und

30 eine Synthesefiltereinrichtung zum Synthetisieren des Schallsignals als Antwort auf das Erregungssignal.

Revendications

35 1. Procédé d'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions dans un dictionnaire de codes algébriques pour le codage et le décodage efficaces d'un signal sonore, dans lequel:

40 45 - le dictionnaire de codes comprend un ensemble de combinaisons d'amplitudes/de positions d'impulsions ;
- chaque combinaison d'amplitude/de position d'impulsion définit un certain nombre de positions différentes et comprend à la fois des impulsions d'amplitude nulle et des impulsions d'amplitude non nulle attribuées à des positions respectives de la combinaison ; et
- chaque impulsion d'amplitude non nulle adopte l'une d'une pluralité d'amplitudes possibles ; et

45 dans lequel ledit procédé d'indexation comprend :

50 55 - la formation d'un ensemble d'au moins une piste desdites positions d'impulsions, dans lequel la position de chaque impulsion d'amplitude non nulle de chaque combinaison d'amplitude/de position d'impulsion est limitée à une piste dudit ensemble ;
- l'indexation selon une première procédure, désignée ci-après procédure 1, de la position et de l'amplitude d'une impulsion d'amplitude non nulle lorsque seule la position de ladite une impulsion d'amplitude non nulle est située dans une piste dudit ensemble ;
- l'indexation selon une deuxième procédure, désignée ci-après procédure 2, des positions et amplitudes de deux impulsions d'amplitude non nulle lorsque seules les positions desdites deux impulsions d'amplitude non nulle sont situées dans une piste dudit ensemble ; et
- lorsque les positions d'un nombre X d'impulsions d'amplitude non nulle sont situées dans une piste dudit ensemble, dans lequel $X \geq 3$:

EP 1 354 315 B1

- la division des positions de ladite une piste en deux sections ;
- l'utilisation d'une procédure supplémentaire associée audit nombre X, désignée ci-après procédure X, pour l'indexation des positions et amplitudes desdites X impulsions d'amplitude non nulle, ladite procédure X comprenant:

5

- l'identification dans laquelle des deux sections de piste chaque impulsion d'amplitude non nulle est située ;
- le calcul de sous-indices desdites X impulsions d'amplitude non nulle en utilisant les procédures 1 et 2 dans au moins une desdites sections de piste et la piste entière ; et
- le calcul d'un indice de position et d'amplitude desdites X impulsions d'amplitude non nulle en combinant lesdits sous-indices.

10

2. Procédé d'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 1, comprenant l'entrelacement des positions d'impulsions de chaque piste avec les positions d'impulsions des autres pistes.

15

3. Procédé d'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 1, dans lequel le calcul d'un indice de position et d'amplitude desdites X impulsions d'amplitude non nulle comprend :

20

- le calcul d'au moins un indice intermédiaire en combinant au moins deux desdits sous-indices ; et
- le calcul de l'indice de position et d'amplitude desdites X impulsions d'amplitude non nulle en combinant les sous-indices restants et ledit au moins un indice intermédiaire.

25

4. Procédé d'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 1, dans lequel ladite procédure 1 comprend la production d'un indice de position et d'amplitude comprenant un indice de position indicateur de la position de ladite une impulsion d'amplitude non nulle dans ladite une piste, et d'un indice d'amplitude indicateur de l'amplitude de ladite une impulsion d'amplitude non nulle.

30

5. Procédé d'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 4, dans lequel l'indice de position comprend un premier groupe de bits et l'indice d'amplitude comprend au moins un bit.

35

6. Procédé d'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 5, dans lequel ledit au moins un bit de l'indice d'amplitude est un bit de rang supérieur.

40

7. Procédé d'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 5, dans lequel ladite pluralité d'amplitudes possibles de chaque impulsion d'amplitude non nulle comprend +1 et -1, et dans lequel ledit au moins un bit de l'indice d'amplitude est un bit de signe.

45

8. Procédé d'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 1, dans lequel :

46

- ladite pluralité d'amplitudes possibles de chaque impulsion d'amplitude non nulle comprend +1 et -1 ; et la procédure 1 comprend la production d'un indice de position et d'amplitude de ladite une impulsion d'amplitude non nulle ayant la forme :

$$I_{1p} = p + s \times 2^M$$

47

- dans laquelle p est un indice de position de ladite une impulsion d'amplitude non nulle dans ladite une piste, s est un indice de signe de ladite une impulsion d'amplitude non nulle et 2^M est le nombre de positions dans ladite une piste.

50

9. Procédé d'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 8, dans lequel le nombre de positions dans ladite une piste est 16, et dans lequel l'indice de position et d'amplitude est un indice de 5 bits représenté dans le tableau suivant :

55

Signe	Position			
s	b ₃	b ₂	b ₁	b ₀

EP 1 354 315 B1

10. Procédé d'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 1, dans lequel ladite procédure
2 comprend la production d'un indice de position et d'amplitude comprenant :

5 des premier et second indices de position indicateurs respectivement des positions des deux impulsions d'am-
plitude non nulle dans ladite une piste ; et
d'un indice d'amplitude indicateur des amplitudes desdites deux impulsions d'amplitude non nulle.

11. Procédé d'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 10, dans lequel, dans l'indice
de position et d'amplitude :

10 l'indice d'amplitude comprend au moins un bit ;
le premier indice de position comprend un premier groupe de bits ; et
le second indice de position comprend un second groupe de bits.

15 12. Procédé d'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 11, dans lequel, dans l'indice
de position et d'amplitude :

20 ledit au moins un bit de l'indice d'amplitude est un bit de rang supérieur ;
les bits du premier groupe sont des bits de rang intermédiaire ; et
les bits du second groupe sont des bits de rang inférieur.

25 13. Procédé d'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 11, dans lequel ladite pluralité
d'amplitudes possibles de chaque impulsion d'amplitude non nulle comprend +1 et -1, et dans lequel ledit au moins
un bit de l'indice d'amplitude est un bit de signe.

26 14. Procédé d'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 10, dans lequel la procédure
2 comprend :

30 lorsque lesdites deux impulsions ont une amplitude identique, la production d'un indice d'amplitude indicateur
de l'amplitude de l'impulsion d'amplitude non nulle dont la position est indiquée par le premier indice de position,
la production d'un premier indice de position indicateur de la position la plus petite des deux impulsions d'am-
plitude non nulle dans ladite une piste, et la production d'un second indice de position indicateur de la position
plus grande des deux impulsions d'amplitude non nulle dans ladite une piste ; et

35 lorsque lesdites deux impulsions ont différentes amplitudes, la production d'un indice d'amplitude indicateur de
l'amplitude de l'impulsion d'amplitude non nulle dont la position est indiquée par le premier indice de position,
la production d'un premier indice de position indicateur de la position plus grande des deux impulsions d'am-
plitude non nulle dans ladite une piste, et la production d'un second indice de position indicateur de la position
plus petite des deux impulsions d'amplitude non nulle dans ladite une piste.

40 15. Procédé d'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 1, dans lequel la procédure
2 comprend, lorsque la position d'une première impulsion d'amplitude non nulle d'indice de position p_0 et d'indice
de signe σ_0 , et la position d'une seconde impulsion d'amplitude non nulle d'indice de position p_1 et d'indice de signe
 σ_1 sont situées dans une piste dudit ensemble, la production d'un indice de position et d'amplitude desdites première
et seconde impulsions d'amplitude non nulle de la forme :

45 si $\sigma_0 = \sigma_1$

50 si $p_0 \leq p_1$

$$I_{2p} = p_1 + p_0 \times 2^M + \sigma_0 \times 2^M$$

55 si $p_0 \geq p_1$

$$I_{2p} = p_0 + p_1 \times 2^M + \sigma_0 \times 2^M$$

5 si $\sigma_0 \neq \sigma_1$

si $p_0 \leq p_1$

10

$$I_{2p} = p_0 + p_1 \times 2^M + \sigma_1 \times 2^{2M}$$

15 si $p_0 \geq p_1$

10

$$I_{2p} = p_1 + p_0 \times 2^M + \sigma_0 \times 2^{2M}$$

15 où 2^M est le nombre de positions dans ladite une piste.

16. Procédé d'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 15, dans lequel le nombre de positions dans ladite une piste est 16, et dans lequel l'indice de position et d'amplitude est un indice de 9 bits représenté dans le tableau suivant :

20

Signe	Position p_0					Position p_1			
	b_3	b_3	b_2	b_0		b_3	b_2	b_1	b_0

25

17. Procédé d'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 1, dans lequel, lorsque $X = 3$:

30

la division des positions de ladite une piste en deux sections comprend la division des positions de ladite une piste en des sections de piste inférieure et supérieure ; et
la procédure 3 comprend :

35

l'identification de l'une des sections de piste supérieure et inférieure qui contient les positions d'au moins deux impulsions d'amplitude non nulle ;
le calcul d'un premier sous-indice desdites au moins deux impulsions d'amplitude non nulle situées dans ladite une section de piste en utilisant la procédure 2 appliquée aux positions de ladite une section de piste ;
le calcul d'un second sous-indice de l'impulsion d'amplitude non nulle restante en utilisant la procédure 1 appliquée aux positions de ladite une piste entière ; et
la production d'un indice de position et d'amplitude des trois impulsions d'amplitude non nulle en combinant lesdits premier et second sous-indices.

40

18. Procédé d'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 17, dans lequel :

45

le calcul d'un premier sous-indice desdites au moins deux impulsions d'amplitude non nulle situées dans ladite une section de piste en utilisant la procédure 2 comprend, lorsque les positions desdites au moins deux impulsions d'amplitude non nulle sont situées dans la section supérieure, le décalage des positions desdites au moins deux impulsions d'amplitude non nulle de la section supérieure vers la section inférieure.

50

19. Procédé d'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 18, dans lequel le décalage des positions desdites au moins deux impulsions d'amplitude non nulle de la section supérieure vers la section inférieure comprend le masquage d'un certain nombre de bits les moins importants des indices de position desdites au moins deux impulsions d'amplitude non nulle avec un masque constitué dudit nombre de 1.

55

20. Procédé d'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 17, dans lequel le calcul d'un premier sous-indice desdites au moins deux impulsions d'amplitude non nulle situées dans ladite une section de piste en utilisant la procédure 2 comprend l'insertion d'un indice de section indiquant la section desdites sections de piste inférieure et supérieure dans laquelle lesdites au moins deux impulsions d'amplitude non nulle sont situées.

21. Procédé d'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 17, dans lequel le nombre de positions dans ladite une piste est 16, et dans lequel l'indice de position et d'amplitude est un indice de 13 bits représenté dans le tableau suivant :

5

10

Signe	Position de la 3 ^{ème} impulsion					Indice de section	2 impulsions dans la section k					
							s_0	p_0			p_1	
s	b ₃	b ₂	b ₁	b ₀	k	s	b ₂	b ₁	b ₀	b ₂	b ₁	b ₀

22. Procédé d'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 1, dans lequel :

15

ladite procédure 1 comprend la production d'un indice de position et d'amplitude comprenant un indice de position indicateur de la position de ladite une impulsion d'amplitude non nulle dans ladite une piste, et d'un indice d'amplitude indicateur de l'amplitude de ladite une impulsion d'amplitude non nulle, dans lequel l'indice de position comprend un premier groupe de bits, et l'indice d'amplitude comprend au moins un bit ;
 ladite procédure 2 comprend la production d'un indice de position et d'amplitude comprenant des premier et second indices de position indicateurs respectivement des positions des deux impulsions d'amplitude non nulle dans ladite une piste, et d'un indice d'amplitude indicateur des amplitudes desdites deux impulsions d'amplitude non nulle, dans lequel l'indice d'amplitude comprend au moins un bit, le premier indice de position comprend un premier groupe de bits, et le second indice de position comprend un second groupe de bits ;
 lorsque X = 3 :

20

25

la division des positions de ladite une piste en deux sections comprend la division des positions de ladite une piste en des sections de piste inférieure et supérieure ; et
 la procédure 3 comprend :

30

l'identification de l'une des sections de piste supérieure et inférieure qui contient les positions d'au moins deux impulsions d'amplitude non nulle ;
 le calcul d'un premier sous-indice desdites au moins deux impulsions d'amplitude non nulle situées dans ladite une section de piste en utilisant la procédure 2 appliquée aux positions de ladite une section de piste ;
 le calcul d'un second sous-indice de l'impulsion d'amplitude non nulle restante en utilisant la procédure 1 appliquée aux positions de ladite une piste entière ; et
 la production d'un indice de position et d'amplitude des trois impulsions d'amplitude non nulle en combinant lesdits premier et second sous-indices.

35

23. Procédé d'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 22, dans lequel, lorsque X=4 :

40

la division des positions de ladite une piste en deux sections comprend la division des positions de ladite une piste en des sections de piste inférieure et supérieure ; et
 la procédure 4 comprend :

45

- lorsque la section de piste supérieure contient les positions des quatre impulsions d'amplitude non nulle :
 la division supplémentaire de la section de piste supérieure en des sous-sections de piste inférieure et supérieure ;
 l'identification de l'une des sous-sections de piste supérieure et inférieure qui contient les positions d'au moins deux impulsions d'amplitude non nulle ;
 le calcul d'un premier sous-indice desdites au moins deux impulsions d'amplitude non nulle situées dans ladite une sous-section de piste en utilisant la procédure 2 appliquée aux positions de ladite une sous-section de piste ;
 le calcul d'un second sous-indice des deux impulsions d'amplitude non nulle restantes en utilisant la procédure 2 appliquée aux positions de la section de piste supérieure entière ; et
 la production d'un indice de position et d'amplitude des quatre impulsions d'amplitude non nulle en combinant lesdits premier et second sous-indices ;

EP 1 354 315 B1

- lorsque la section de piste inférieure contient la position d'une impulsion d'amplitude non nulle et la section de piste supérieure contient les positions des trois autres impulsions d'amplitude non nulle :

5 le calcul d'un premier sous-indice de ladite une impulsion d'amplitude non nulle située dans la section de piste inférieure en utilisant la procédure 1 appliquée aux positions de ladite section de piste inférieure ;

le calcul d'un second sous-indice des trois impulsions d'amplitude non nulle restantes situées dans la section de piste supérieure en utilisant la procédure 3 appliquée aux positions de la section de piste supérieure ; et

10 la production d'un indice de position et d'amplitude des quatre impulsions d'amplitude non nulle en combinant lesdits premier et second sous-indices ;

- lorsque la section de piste inférieure contient les positions de deux impulsions d'amplitude non nulle et la section de piste supérieure contient les positions des deux autres impulsions d'amplitude non nulle

15 le calcul d'un premier sous-indice desdites deux impulsions d'amplitude non nulle situées dans la section de piste inférieure en utilisant la procédure 2 appliquée aux positions de ladite section de piste inférieure ;

20 le calcul d'un second sous-indice des deux impulsions d'amplitude non nulle restantes situées dans la section de piste supérieure en utilisant la procédure 2 appliquée aux positions de la section de piste supérieure ; et

la production d'un indice de position et d'amplitude des quatre impulsions d'amplitude non nulle en combinant lesdits premier et second sous-indices ;

25 - lorsque la section de piste inférieure contient les positions de trois impulsions d'amplitude non nulle et la section de piste supérieure contient la position de l'autre impulsion d'amplitude non nulle :

30 le calcul d'un premier sous-indice desdites trois impulsions d'amplitude non nulle situées dans la section de piste inférieure en utilisant la procédure 3 appliquée aux positions de ladite section de piste inférieure ;

le calcul d'un second sous-indice de l'impulsion d'amplitude non nulle restante située dans la section de piste supérieure en utilisant la procédure 1 appliquée aux positions de la section de piste supérieure ; et

35 la production d'un indice de position et d'amplitude des quatre impulsions d'amplitude non nulle en combinant lesdits premier et second sous-indices ;

- lorsque la section de piste inférieure contient les positions des quatre impulsions d'amplitude non nulle :

40 la division supplémentaire de la section de piste inférieure en des sous-sections de piste inférieure et supérieure ;

l'identification de l'une des sous-sections de piste supérieure et inférieure qui contient les positions d'au moins deux impulsions d'amplitude non nulle ;

45 le calcul d'un premier sous-indice desdites au moins deux impulsions d'amplitude non nulle situées dans ladite une sous-section de piste en utilisant la procédure 2 appliquée aux positions de ladite une sous-section de piste ;

le calcul d'un second sous-indice des deux impulsions d'amplitude non nulle restantes en utilisant la procédure 2 appliquée aux positions de la section de piste inférieure entière ; et

50 la production d'un indice de position et d'amplitude des quatre impulsions d'amplitude non nulle en combinant lesdits premier et second sous-indices.

24. Procédé d'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 23, dans lequel la procédure 4 comprend :

55 - lorsque ladite une sous-section de piste est la sous-section supérieure,

le calcul d'un premier sous-indice desdites au moins deux impulsions d'amplitude non nulle situées dans ladite une sous-section de piste en utilisant la procédure 2 comprend le décalage des positions desdites au moins deux impulsions d'amplitude non nulle de la sous-section de piste supérieure vers la sous-section de piste inférieure.

25. Procédé d'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 24, dans lequel le décalage des positions desdites au moins deux impulsions d'amplitude non nulle de la sous-section supérieure vers la sous-section inférieure comprend le masquage d'un certain nombre de bits les moins importants des indices de position desdites au moins deux impulsions d'amplitude non nulle avec un masque constitué dudit nombre de 1.

5

26. Procédé d'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 23, dans lequel, lorsque $X=5$:

la division des positions de ladite une piste en deux sections de piste comprend la division des positions de ladite une piste en des sections inférieure et supérieure ; et
10 la procédure 5 comprend :

la détection d'une des sections de piste inférieure et supérieure dans laquelle les positions d'au moins trois impulsions d'amplitude non nulle sont situées ;
15 le calcul d'un premier sous-indice de trois impulsions d'amplitude non nulle situées dans ladite une section de piste en utilisant la procédure 3 appliquée aux positions de ladite une section de piste ;
le calcul d'un second sous-indice des deux impulsions d'amplitude non nulle restantes en utilisant la procédure 2 appliquée aux positions de ladite une piste entière ; et
la production d'un indice de position et d'amplitude des cinq impulsions d'amplitude non nulle en combinant lesdits premier et second sous-indices.

20

27. Procédé d'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 23, dans lequel, lorsque $X=5$:

la division des positions de ladite une piste en deux sections comprend la division des positions de ladite une piste en des sections de piste inférieure et supérieure ; et
25 la procédure 5 comprend :

- lorsque la section de piste supérieure contient les positions des cinq impulsions d'amplitude non nulle :
30 le calcul d'un premier sous-indice de trois impulsions d'amplitude non nulle situées dans ladite section de piste supérieure en utilisant la procédure 3 appliquée aux positions de ladite section de piste supérieure ;
le calcul d'un second sous-indice des deux impulsions d'amplitude non nulle restantes en utilisant la procédure 2 appliquée aux positions de ladite une piste entière ; et
la production d'un indice de position et d'amplitude des cinq impulsions d'amplitude non nulle en combinant lesdits premier et second sous-indices ;

- lorsque la section de piste inférieure contient la position d'une impulsion d'amplitude non nulle et la section de piste supérieure contient les positions des quatre autres impulsions d'amplitude non nulle :

40

le calcul d'un premier sous-indice des trois impulsions d'amplitude non nulle situées dans la section de piste supérieure en utilisant la procédure 3 appliquée aux positions de ladite section de piste supérieure ;
le calcul d'un second sous-indice des deux impulsions d'amplitude non nulle restantes en utilisant la procédure 2 appliquée aux positions de ladite une piste entière ; et
45 la production d'un indice de position et d'amplitude des cinq impulsions d'amplitude non nulle en combinant lesdits premier et second sous-indices ;

- lorsque la section de piste inférieure contient la position de deux impulsions d'amplitude non nulle et la section de piste supérieure contient les positions des trois autres impulsions d'amplitude non nulle :

50

le calcul d'un premier sous-indice desdites trois impulsions d'amplitude non nulle situées dans la section de piste supérieure en utilisant la procédure 3 appliquée aux positions de ladite section de piste supérieure ;
le calcul d'un second sous-indice des deux impulsions d'amplitude non nulle restantes situées dans la section de piste inférieure en utilisant la procédure 2 appliquée aux positions de ladite une piste entière ; et
la production d'un indice de position et d'amplitude des cinq impulsions d'amplitude non nulle en combinant lesdits premier et second sous-indices ;

EP 1 354 315 B1

- lorsque la section de piste inférieure contient les positions de trois impulsions d'amplitude non nulle et la section de piste supérieure contient les positions des deux autres impulsions d'amplitude non nulle :

5 le calcul d'un premier sous-indice desdites trois impulsions d'amplitude non nulle situées dans la section de piste inférieure en utilisant la procédure 3 appliquée aux positions de ladite section de piste inférieure ;

le calcul d'un second sous-indice des deux impulsions d'amplitude non nulle restantes situées dans la section de piste supérieure en utilisant la procédure 2 appliquée aux positions de ladite une piste entière ; et

10 la production d'un indice de position et d'amplitude des cinq impulsions d'amplitude non nulle en combinant lesdits premier et second sous-indices ;

- lorsque la section de piste inférieure contient les positions de quatre impulsions d'amplitude non nulle et la section de piste supérieure contient la position de l'autre impulsion d'amplitude non nulle :

15 le calcul d'un premier sous-indice de trois impulsions d'amplitude non nulle situées dans la section de piste inférieure en utilisant la procédure 3 appliquée aux positions de ladite section de piste inférieure ; le calcul d'un second sous-indice des deux impulsions d'amplitude non nulle restantes en utilisant la procédure 2 appliquée aux positions de ladite une piste entière ; et

20 la production d'un indice de position et d'amplitude des cinq impulsions d'amplitude non nulle en combinant lesdits premier et second sous-indices ;

- lorsque la section de piste inférieure contient les positions des cinq impulsions d'amplitude non nulle :

25 le calcul d'un premier sous-indice de trois impulsions d'amplitude non nulle situées dans la section de piste inférieure en utilisant la procédure 3 appliquée aux positions de ladite section de piste inférieure ; le calcul d'un second sous-indice des deux impulsions d'amplitude non nulle restantes en utilisant la procédure 2 appliquée aux positions de ladite une piste entière ; et

30 la production d'un indice de position et d'amplitude des cinq impulsions d'amplitude non nulle en combinant lesdits premier et second sous-indices.

28. Procédé d'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 27, dans lequel, lorsque X = 6 :

la division des positions de ladite une piste en deux sections comprend la division des positions de ladite une piste en des sections de piste inférieure et supérieure ; et
35 la procédure 6 comprend :

- lorsque la section de piste supérieure contient les positions des six impulsions d'amplitude non nulle :

40 le calcul d'un premier sous-indice de cinq impulsions d'amplitude non nulle situées dans ladite section de piste supérieure en utilisant la procédure 5 appliquée aux positions de ladite section de piste supérieure ;

le calcul d'un second sous-indice de l'impulsion d'amplitude non nulle restante en utilisant la procédure 1 appliquée aux positions de la section de piste supérieure ; et

45 la production d'un indice de position et d'amplitude des six impulsions d'amplitude non nulle en combinant lesdits premier et second sous-indices ;

- lorsque la section de piste inférieure contient la position d'une impulsion d'amplitude non nulle et la section de piste supérieure contient les positions des cinq autres impulsions d'amplitude non nulle :

50 le calcul d'un premier sous-indice des cinq impulsions d'amplitude non nulle situées dans la section de piste supérieure en utilisant la procédure 5 appliquée aux positions de ladite section de piste supérieure ;

55 le calcul d'un second sous-indice de l'impulsion d'amplitude non nulle située dans la section de piste inférieure en utilisant la procédure 1 appliquée aux positions de ladite section de piste inférieure ; et la production d'un indice de position et d'amplitude des six impulsions d'amplitude non nulle en combinant lesdits premier et second sous-indices ;

EP 1 354 315 B1

- lorsque la section de piste inférieure contient les positions de deux impulsions d'amplitude non nulle et la section de piste supérieure contient les positions des quatre autres impulsions d'amplitude non nulle :

5 le calcul d'un premier sous-indice des quatre impulsions d'amplitude non nulle situées dans la section de piste supérieure en utilisant la procédure 4 appliquée aux positions de ladite section de piste supérieure ;

le calcul d'un second sous-indice des deux impulsions d'amplitude non nulle restantes situées dans la section de piste inférieure en utilisant la procédure 2 appliquée aux positions de ladite section de piste inférieure ; et

10 la production d'un indice de position et d'amplitude des six impulsions d'amplitude non nulle en combinant lesdits premier et second sous-indices ;

- lorsque la section de piste inférieure contient les positions de trois impulsions d'amplitude non nulle et la section de piste supérieure contient les positions des trois autres impulsions d'amplitude non nulle :

15 le calcul d'un premier sous-indice desdites trois impulsions d'amplitude non nulle situées dans la section de piste inférieure en utilisant la procédure 3 appliquée aux positions de ladite section de piste inférieure ;

20 le calcul d'un second sous-indice des trois impulsions d'amplitude non nulle restantes situées dans la section de piste supérieure en utilisant la procédure 3 appliquée aux positions de la section de piste entière ; et

la production d'un indice de position et d'amplitude des six impulsions d'amplitude non nulle en combinant lesdits premier et second sous-indices ;

25 - lorsque la section de piste inférieure contient les positions de quatre impulsions d'amplitude non nulle et la section de piste supérieure contient les positions des deux autres impulsions d'amplitude non nulle :

30 le calcul d'un premier sous-indice des quatre impulsions d'amplitude non nulle situées dans la section de piste inférieure en utilisant la procédure 4 appliquée aux positions de ladite section de piste inférieure ;

le calcul d'un second sous-indice des deux impulsions d'amplitude non nulle restantes situées dans la section de piste supérieure en utilisant la procédure 2 appliquée aux positions de ladite section de piste supérieure ; et

35 la production d'un indice de position et d'amplitude des six impulsions d'amplitude non nulle en combinant lesdits premier et second sous-indices ;

- lorsque la section de piste inférieure contient les positions de cinq impulsions d'amplitude non nulle et la section de piste supérieure contient la position de l'impulsion d'amplitude non nulle restante:

40 le calcul d'un premier sous-indice des cinq impulsions d'amplitude non nulle situées dans la section de piste inférieure en utilisant la procédure 5 appliquée aux positions de ladite section de piste inférieure ;

45 le calcul d'un second sous-indice de l'impulsion d'amplitude non nulle restante située dans la section de piste supérieure en utilisant la procédure 1 appliquée aux positions de ladite section de piste supérieure ; et

la production d'un indice de position et d'amplitude des six impulsions d'amplitude non nulle en combinant lesdits premier et second sous-indices ; et

- lorsque la section de piste inférieure contient les positions des six impulsions d'amplitude non nulle :

50 le calcul d'un premier sous-indice de cinq impulsions d'amplitude non nulle situées dans la section de piste inférieure en utilisant la procédure 5 appliquée aux positions de ladite section de piste inférieure ;

55 le calcul d'un second sous-indice de l'impulsion d'amplitude non nulle restante située dans la section de piste inférieure en utilisant la procédure 1 appliquée aux positions de la section de piste inférieure ; et

la production d'un indice de position et d'amplitude des six impulsions d'amplitude non nulle en combinant lesdits premier et second sous-indices.

29. Dispositif pour l'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions dans un dictionnaire de codes algébriques

pour le codage et le décodage efficaces d'un signal sonore,
dans lequel

- 5 - le dictionnaire de codes comprend un ensemble de combinaisons d'amplitudes/de positions d'impulsions ;
 - chaque combinaison d'amplitude/de position d'impulsion définit un certain nombre de positions différentes et comprend à la fois des impulsions d'amplitude nulle et des impulsions d'amplitude non nulle attribuées à des positions respectives de la combinaison ; et
 - chaque impulsion d'amplitude non nulle adopte l'une d'une pluralité d'amplitudes possibles ; et

10 dans lequel ledit dispositif d'indexation comprend :

- un ensemble d'au moins une piste desdites positions d'impulsions, dans lequel la position de chaque impulsion d'amplitude non nulle de chaque combinaison d'amplitude/de position d'impulsion est limitée à une piste dudit ensemble ;
 15 - des moyens pour l'indexation, selon une première procédure, désignée ci-après procédure 1, de la position et de l'amplitude d'une impulsion d'amplitude non nulle lorsque seule la position de ladite une impulsion d'amplitude non nulle est située dans une piste dudit ensemble ;
 - des moyens pour l'indexation, selon une deuxième procédure, désignée ci-après procédure 2, des positions et amplitudes de deux impulsions d'amplitude non nulle lorsque seules les positions desdites deux impulsions d'amplitude non nulle sont situées dans une piste dudit ensemble ; et
 20 - lorsque les positions d'un nombre X d'impulsions d'amplitude non nulle sont situées dans une piste dudit ensemble, dans lequel $X \geq 3$:

- 25 • des moyens pour la division des positions de ladite une piste en deux sections ;
 • des moyens pour la réalisation d'une procédure supplémentaire associée audit nombre X, désignée ci-après procédure X, pour l'indexation des positions et amplitudes desdites X impulsions d'amplitude non nulle, lesdits moyens de réalisation de la procédure X comprenant :

- 30 ■ des moyens pour l'identification dans laquelle des deux sections de piste chaque impulsion d'amplitude non nulle est située ; et
 ■ des moyens pour le calcul de sous-indices desdites X impulsions d'amplitude non nulle en utilisant les procédures 1 et 2 dans au moins une desdites sections de piste et la piste entière ; et
 ■ des moyens pour le calcul d'un indice de position et d'amplitude desdites X impulsions d'amplitude non nulle, lesdits moyens de calcul d'indice comprenant des moyens pour la combinaison desdits sous-indices.

35 30. Dispositif pour l'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 29, comprenant des moyens pour l'entrelacement des positions d'impulsions de chaque piste avec les positions d'impulsions des autres pistes.

40 31. Dispositif pour l'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 29, dans lequel les moyens pour le calcul d'un indice de position et d'amplitude desdites X impulsions d'amplitude non nulle comprennent :

45 des moyens pour le calcul d'au moins un indice intermédiaire en combinant au moins deux desdits sous-indices ; et
 des moyens pour le calcul de l'indice de position et d'amplitude desdites X impulsions d'amplitude non nulle en combinant les sous-indices restants et ledit au moins un indice intermédiaire.

50 32. Dispositif pour l'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 29, dans lequel ladite procédure 1 comprend des moyens pour la production d'un indice de position et d'amplitude comprenant un indice de position indicateur de la position de ladite une impulsion d'amplitude non nulle dans ladite une piste, et d'un indice d'amplitude indicateur de l'amplitude de ladite une impulsion d'amplitude non nulle.

55 33. Dispositif pour l'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 32, dans lequel l'indice de position comprend un premier groupe de bits et l'indice d'amplitude comprend au moins un bit.

34. Dispositif pour l'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 33, dans lequel ledit au

moins un bit de l'indice d'amplitude est un bit de rang supérieur.

35. Dispositif pour l'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 33, dans lequel ladite pluralité d'amplitudes possibles de chaque impulsion d'amplitude non nulle comprend +1 et -1, et dans lequel ledit au moins un bit de l'indice d'amplitude est un bit de signe.

5 36. Dispositif pour l'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 29, dans lequel :

10 ladite pluralité d'amplitudes possibles de chaque impulsion d'amplitude non nulle comprend +1 et -1 ; et la procédure 1 comprend des moyens pour la production d'un indice de position et d'amplitude de ladite une impulsion d'amplitude non nulle ayant la forme:

$$I_{1p} = p + s \times 2^M$$

15 dans laquelle p est un indice de position de ladite une impulsion d'amplitude non nulle dans ladite une piste, s est un indice de signe de ladite une impulsion d'amplitude non nulle et 2^M est le nombre de positions dans ladite une piste.

20 37. Dispositif pour l'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 36, dans lequel le nombre de positions dans ladite une piste est 16, et dans lequel l'indice de position et d'amplitude est un indice de 5 bits représenté dans le tableau suivant :

Signe	Position			
s	b ₃	b ₂	b ₁	b ₀

30 38. Dispositif pour l'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 29, dans lequel ladite procédure 2 comprend des moyens pour la production d'un indice de position et d'amplitude comprenant:

35 des premier et second indices de position indicateurs respectivement des positions des deux impulsions d'amplitude non nulle dans ladite une piste ; et
d'un indice d'amplitude indicateur des amplitudes desdites deux impulsions d'amplitude non nulle.

39. Dispositif pour l'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 38, dans lequel, dans l'indice de position et d'amplitude :

40 l'indice d'amplitude comprend au moins un bit ;
le premier indice de position comprend un premier groupe de bits ; et
le second indice de position comprend un second groupe de bits.

45 40. Dispositif pour l'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 39, dans lequel, dans l'indice de position et d'amplitude :

45 ledit au moins un bit de l'indice d'amplitude est un bit de rang supérieur ;
les bits du premier groupe sont des bits de rang intermédiaire ; et
les bits du second groupe sont des bits de rang inférieur.

50 41. Dispositif pour l'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 39, dans lequel ladite pluralité d'amplitudes possibles de chaque impulsion d'amplitude non nulle comprend +1 et -1, et dans lequel ledit au moins un bit de l'indice d'amplitude est un bit de signe.

55 42. Dispositif pour l'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 39, dans lequel la procédure 2 comprend :

- lorsque lesdites deux impulsions ont une amplitude identique :

EP 1 354 315 B1

- des moyens pour la production d'un indice d'amplitude indicateur de l'amplitude de l'impulsion d'amplitude non nulle dont la position est indiquée par le premier indice de position ;
 des moyens pour la production d'un premier indice de position indicateur de la position la plus petite des deux impulsions d'amplitude non nulle dans ladite une piste ;
 des moyens pour la production d'un second indice de position indicateur de la position plus grande des deux impulsions d'amplitude non nulle dans ladite une piste ; et
- 5

- lorsque lesdites deux impulsions ont différentes amplitudes :

- des moyens pour la production d'un indice d'amplitude indicateur de l'amplitude de l'impulsion d'amplitude non nulle dont la position est indiquée par le premier indice de position ;
 des moyens pour la production d'un premier indice de position indicateur de la position plus grande des deux impulsions d'amplitude non nulle dans ladite une piste ; et
 des moyens pour la production d'un second indice de position indicateur de la position plus petite des deux impulsions d'amplitude non nulle dans ladite une piste.
- 10
- 15

- 43.** Dispositif pour l'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 29, dans lequel la procédure 2 comprend, lorsque la position d'une première impulsion d'amplitude non nulle d'indice de position p_0 et d'indice de signe σ_0 , et la position d'une seconde impulsion d'amplitude non nulle d'indice de position p_1 et d'indice de signe σ_1 sont situées dans une piste dudit ensemble, des moyens pour la production d'un indice de position et d'amplitude desdites première et seconde impulsions d'amplitude non nulle de la forme :
- 20

si $\sigma_0 = \sigma_1$

25 si $p_0 \leq p_1$

$$I_{2p} = p_1 + p_0 \times 2^M + \sigma_0 \times 2^M$$

30 si $p_0 \geq p_1$

$$I_{2p} = p_0 + p_1 \times 2^M + \sigma_0 \times 2^M$$

35 si $\sigma_0 \neq \sigma_1$

40 si $p_0 \leq p_1$

$$I_{2p} = p_0 + p_1 \times 2^M + \sigma_1 \times 2^{2M}$$

45 si $p_0 \geq p_1$

$$I_{2p} = p_1 + p_0 \times 2^M + \sigma_0 \times 2^{2M}$$

50 où 2^M est le nombre de positions dans ladite une piste.

- 44.** Dispositif pour l'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 43, dans lequel le nombre de positions dans ladite une piste est 16, et dans lequel l'indice de position et d'amplitude est un indice de 9 bits représenté dans le tableau suivant :
- 55

5

Signe	Position p_0				Position p_1			
	b_3	b_3	b_2	b_0	b_3	b_2	b_1	b_0

45. Dispositif pour l'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 29, dans lequel, lorsque $X = 3$:

10

les moyens pour la division des positions de ladite une piste en deux sections comprennent des moyens pour la division des positions de ladite une piste en des sections de piste inférieure et supérieure ; et la procédure 3 comprend :

15

des moyens pour l'identification de l'une des sections de piste supérieure et inférieure qui contient les positions d'au moins deux impulsions d'amplitude non nulle ;

des moyens pour le calcul d'un premier sous-indice desdites au moins deux impulsions d'amplitude non nulle situées dans ladite une section de piste en utilisant la procédure 2 appliquée aux positions de ladite une section de piste ;

20

des moyens pour le calcul d'un second sous-indice de l'impulsion d'amplitude non nulle restante en utilisant la procédure 1 appliquée aux positions de ladite une piste entière ; et

des moyens pour la production d'un indice de position et d'amplitude des trois impulsions d'amplitude non nulle, lesdits moyens de production d'indice comprenant des moyens pour la combinaison desdits premier et second sous-indices.

25

46. Dispositif pour l'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 45, dans lequel:

30

les moyens pour le calcul d'un premier sous-indice desdites au moins deux impulsions d'amplitude non nulle situées dans ladite une section de piste en utilisant la procédure 2 comprennent, lorsque les positions desdites au moins deux impulsions d'amplitude non nulle sont situées dans la section supérieure, des moyens pour le décalage des positions desdites au moins deux impulsions d'amplitude non nulle de la section supérieure vers la section inférieure.

35

47. Dispositif pour l'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 46, dans lequel les moyens pour le décalage des positions desdites au moins deux impulsions d'amplitude non nulle de la section supérieure vers la section inférieure comprennent des moyens pour le masquage d'un certain nombre de bits les moins importants des indices de position desdites au moins deux impulsions d'amplitude non nulle avec un masque constitué dudit nombre de 1.

40

48. Dispositif pour l'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 45, dans lequel les moyens pour le calcul d'un premier sous-indice desdites au moins deux impulsions d'amplitude non nulle situées dans ladite une section de piste en utilisant la procédure 2 comprennent des moyens pour l'insertion d'un indice de section indiquant la section desdites sections de piste inférieure et supérieure dans laquelle lesdites au moins deux impulsions d'amplitude non nulle sont situées.

45

49. Dispositif pour l'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 45, dans lequel le nombre de positions dans ladite une piste est 16, et dans lequel l'indice de position et d'amplitude est un indice de 13 bits représenté dans le tableau suivant :

50

Signe	Position de la 3 ^{ème} impulsion	Indice de section	2 impulsions dans la section k									
			s_0	p_0	p_1							
s	b_3	b_2	b_1	b_0	k	s	b_2	b_1	b_0	b_2	b_1	b_0

55

50. Dispositif pour l'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 29, dans lequel :

ladite procédure 1 comprend des moyens pour la production d'un indice de position et d'amplitude comprenant

5 un indice de position indicateur de la position de ladite une impulsion d'amplitude non nulle dans ladite une piste, et d'un indice d'amplitude indicateur de l'amplitude de ladite une impulsion d'amplitude non nulle, dans lequel l'indice de position comprend un premier groupe de bits, et l'indice d'amplitude comprend au moins un bit ; ladite procédure 2 comprend des moyens pour la production d'un indice de position et d'amplitude comprenant des premier et second indices de position indicateurs respectivement des positions des deux impulsions d'amplitude non nulle dans ladite une piste, et d'un indice d'amplitude indicateur des amplitudes desdites deux impulsions d'amplitude non nulle, dans lequel l'indice d'amplitude comprend au moins un bit, le premier indice de position comprend un premier groupe de bits, et le second indice de position comprend un second groupe de bits ;

10 lorsque X = 3 :

les moyens pour la division des positions de ladite une piste en deux sections comprennent des moyens pour la division des positions de ladite une piste en des sections de piste inférieure et supérieure ; et la procédure 3 comprend :

15 des moyens pour l'identification de l'une des sections de piste supérieure et inférieure qui contient les positions d'au moins deux impulsions d'amplitude non nulle ;
 des moyens pour le calcul d'un premier sous-indice desdites au moins deux impulsions d'amplitude non nulle situées dans ladite une section de piste en utilisant la procédure 2 appliquée aux positions de ladite une section de piste ;
 20 des moyens pour le calcul d'un second sous-indice de l'impulsion d'amplitude non nulle restante en utilisant la procédure 1 appliquée aux positions de ladite une piste entière ; et
 des moyens pour la production d'un indice de position et d'amplitude des trois impulsions d'amplitude non nulle, lesdits moyens de production d'indice comprenant des moyens pour la combinaison desdits premier et second sous-indices.

25

51. Dispositif pour l'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 50, dans lequel, lorsque X = 4 :

30 les moyens pour la division des positions de ladite une piste en deux sections comprennent des moyens pour la division des positions de ladite une piste en des sections de piste inférieure et supérieure ; et la procédure 4 comprend :

- lorsque la section de piste supérieure contient les positions des quatre impulsions d'amplitude non nulle :

35 des moyens pour la division supplémentaire de la section de piste supérieure en des sous-sections de piste inférieure et supérieure ;
 des moyens pour l'identification de l'une des sous-sections de piste supérieure et inférieure qui contient les positions d'au moins deux impulsions d'amplitude non nulle ;
 40 des moyens pour le calcul d'un premier sous-indice desdites au moins deux impulsions d'amplitude non nulle situées dans ladite une sous-section de piste en utilisant la procédure 2 appliquée aux positions de ladite une sous-section de piste ;
 des moyens pour le calcul d'un second sous-indice des deux impulsions d'amplitude non nulle restantes en utilisant la procédure 2 appliquée aux positions de ladite section de piste supérieure entière ; et
 45 des moyens pour la production d'un indice de position et d'amplitude des quatre impulsions d'amplitude non nulle, lesdits moyens de production d'indice comprenant des moyens pour la combinaison desdits premier et second sous-indices ;

50 - lorsque la section de piste inférieure contient la position d'une impulsion d'amplitude non nulle et la section de piste supérieure contient les positions des trois autres impulsions d'amplitude non nulle :

des moyens pour le calcul d'un premier sous-indice de ladite une impulsion d'amplitude non nulle située dans la section de piste inférieure en utilisant la procédure 1 appliquée aux positions de ladite section de piste inférieure ;
 des moyens pour le calcul d'un second sous-indice des trois impulsions d'amplitude non nulle restantes situées dans la section de piste supérieure en utilisant la procédure 3 appliquée aux positions de la section de piste supérieure ; et
 des moyens pour la production d'un indice de position et d'amplitude des quatre impulsions d'amplitude

non nulle, lesdits moyens de production d'indice comprenant des moyens pour la combinaison desdits premier et second sous-indices ;

5 - lorsque la section de piste inférieure contient les positions de deux impulsions d'amplitude non nulle et la section de piste supérieure contient les positions des deux autres impulsions d'amplitude non nulle :

des moyens pour le calcul d'un premier sous-indice desdites deux impulsions d'amplitude non nulle situées dans la section de piste inférieure en utilisant la procédure 2 appliquée aux positions de ladite section de piste inférieure ;

10 des moyens pour le calcul d'un second sous-indice des deux impulsions d'amplitude non nulle restantes situées dans la section de piste supérieure en utilisant la procédure 2 appliquée aux positions de la section de piste supérieure ; et

15 des moyens pour la production d'un indice de position et d'amplitude des quatre impulsions d'amplitude non nulle, lesdits moyens de production d'indice comprenant des moyens pour la combinaison desdits premier et second sous-indices ;

- lorsque la section de piste inférieure contient les positions de trois impulsions d'amplitude non nulle et la section de piste supérieure contient la position de l'autre impulsion d'amplitude non nulle:

20 des moyens pour le calcul d'un premier sous-indice desdites trois impulsions d'amplitude non nulle situées dans la section de piste inférieure en utilisant la procédure 3 appliquée aux positions de ladite section de piste inférieure ;

25 des moyens pour le calcul d'un second sous-indice de l'impulsion d'amplitude non nulle restante située dans la section de piste supérieure en utilisant la procédure 1 appliquée aux positions de la section de piste supérieure ; et

des moyens pour la production d'un indice de position et d'amplitude des quatre impulsions d'amplitude non nulle, lesdits moyens de production d'indice comprenant des moyens pour la combinaison desdits premier et second sous-indices ;

30 - lorsque la section de piste inférieure contient les positions des quatre impulsions d'amplitude non nulle :

des moyens pour la division supplémentaire de la section de piste inférieure en des sous-sections de piste inférieure et supérieure ;

35 des moyens pour l'identification de l'une des sous-sections de piste supérieure et inférieure qui contient les positions d'au moins deux impulsions d'amplitude non nulle ;

des moyens pour le calcul d'un premier sous-indice desdites au moins deux impulsions d'amplitude non nulle situées dans ladite une sous-section de piste en utilisant la procédure 2 appliquée aux positions de ladite une sous-section de piste ;

40 des moyens pour le calcul d'un second sous-indice des deux impulsions d'amplitude non nulle restantes en utilisant la procédure 2 appliquée aux positions de la section de piste inférieure entière ; et

des moyens pour la production d'un indice de position et d'amplitude des quatre impulsions d'amplitude non nulle, lesdits moyens de production d'indice comprenant des moyens pour la combinaison desdits premier et second sous-indices.

45 **52.** Dispositif pour l'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 51, dans lequel la procédure 4 comprend :

- lorsque ladite une sous-section de piste est la sous-section supérieure,

50 les moyens pour le calcul d'un premier sous-indice desdites au moins deux impulsions d'amplitude non nulle situées dans ladite une sous-section de piste en utilisant la procédure 2 comprennent des moyens pour le décalage des positions desdites au moins deux impulsions d'amplitude non nulle de la sous-section de piste supérieure vers la sous-section de piste inférieure.

55 **53.** Dispositif pour l'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 24, dans lequel les moyens pour le décalage des positions desdites au moins deux impulsions d'amplitude non nulle de la sous-section supérieure vers la sous-section inférieure comprennent des moyens pour le masquage d'un certain nombre de bits les moins importants des indices de position desdites au moins deux impulsions d'amplitude non nulle avec un

masque constitué dudit nombre de 1.

54. Dispositif pour l'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 51, dans lequel, lorsque X = 5 :

les moyens pour la division des positions de ladite une piste en deux sections comprennent des moyens pour la division des positions de ladite une piste en des sections de piste inférieure et supérieure ; et la procédure 5 comprend :

des moyens pour la détection d'une des sections de piste inférieure et supérieure dans laquelle les positions d'au moins trois impulsions d'amplitude non nulle sont situées ;
des moyens pour le calcul d'un premier sous-indice de trois impulsions d'amplitude non nulle situées dans ladite une section de piste en utilisant la procédure 3 appliquée aux positions de ladite une section de piste ;
des moyens pour le calcul d'un second sous-indice des deux impulsions d'amplitude non nulle restantes en utilisant la procédure 2 appliquée aux positions de ladite une piste entière ; et
des moyens pour la production d'un indice de position et d'amplitude des cinq impulsions d'amplitude non nulle, lesdits moyens de production d'indice comprenant des moyens pour la combinaison desdits premier et second sous-indices.

20 55. Dispositif pour l'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 51, dans lequel, lorsque X = 5 :

les moyens pour la division des positions de ladite une piste en deux sections comprennent des moyens pour la division des positions de ladite une piste en des sections inférieure et supérieure ; et la procédure 5 comprend :

- lorsque la section de piste supérieure contient les positions des cinq impulsions d'amplitude non nulle :

des moyens pour le calcul d'un premier sous-indice de trois impulsions d'amplitude non nulle situées dans ladite section de piste supérieure en utilisant la procédure 3 appliquée aux positions de ladite section de piste supérieure ;
des moyens pour le calcul d'un second sous-indice des deux impulsions d'amplitude non nulle restantes en utilisant la procédure 2 appliquée aux positions de ladite une piste entière ; et
des moyens pour la production d'un indice de position et d'amplitude des cinq impulsions d'amplitude non nulle, lesdits moyens de production d'indice comprenant des moyens pour la combinaison desdits premier et second sous-indices ;

- lorsque la section de piste inférieure contient la position d'une impulsion d'amplitude non nulle et la section de piste supérieure contient les positions des quatre autres impulsions d'amplitude non nulle :

des moyens pour le calcul d'un premier sous-indice des trois impulsions d'amplitude non nulle situées dans la section de piste supérieure en utilisant la procédure 3 appliquée aux positions de ladite section de piste supérieure ;
des moyens pour le calcul d'un second sous-indice des deux impulsions d'amplitude non nulle restantes en utilisant la procédure 2 appliquée aux positions de ladite une piste entière ; et
des moyens pour la production d'un indice de position et d'amplitude des cinq impulsions d'amplitude non nulle, lesdits moyens de production d'indice comprenant des moyens pour la combinaison desdits premier et second sous-indices ;

- lorsque la section de piste inférieure contient les positions de deux impulsions d'amplitude non nulle et la section de piste supérieure contient les positions des trois autres impulsions d'amplitude non nulle :

des moyens pour le calcul d'un premier sous-indice desdites trois impulsions d'amplitude non nulle situées dans la section de piste supérieure en utilisant la procédure 3 appliquée aux positions de ladite section de piste supérieure ;
des moyens pour le calcul d'un second sous-indice des deux impulsions d'amplitude non nulle restantes situées dans la section de piste inférieure en utilisant la procédure 2 appliquée aux positions de ladite une piste entière ; et

des moyens pour la production d'un indice de position et d'amplitude des cinq impulsions d'amplitude non nulle, lesdits moyens de production d'indice comprenant des moyens pour la combinaison desdits premier et second sous-indices ;

5 - lorsque la section de piste inférieure contient les positions de trois impulsions d'amplitude non nulle et la section de piste supérieure contient les positions des deux autres impulsions d'amplitude non nulle :

10 des moyens pour le calcul d'un premier sous-indice desdites trois impulsions d'amplitude non nulle situées dans la section de piste inférieure en utilisant la procédure 3 appliquée aux positions de ladite section de piste inférieure ;

15 des moyens pour le calcul d'un second sous-indice des deux impulsions d'amplitude non nulle restantes situées dans la section de piste supérieure en utilisant la procédure 2 appliquée aux positions de ladite une piste entière ; et

des moyens pour la production d'un indice de position et d'amplitude des cinq impulsions d'amplitude non nulle, lesdits moyens de production d'indice comprenant des moyens pour la combinaison desdits premier et second sous-indices ;

20 - lorsque la section de piste inférieure contient les positions de quatre impulsions d'amplitude non nulle et la section de piste supérieure contient la position de l'autre impulsion d'amplitude non nulle :

25 des moyens pour le calcul d'un premier sous-indice de trois impulsions d'amplitude non nulle situées dans la section de piste inférieure en utilisant la procédure 3 appliquée aux positions de ladite section de piste inférieure ;

des moyens pour le calcul d'un second sous-indice des deux impulsions d'amplitude non nulle restantes en utilisant la procédure 2 appliquée aux positions de ladite une piste entière ; et

30 des moyens pour la production d'un indice de position et d'amplitude des cinq impulsions d'amplitude non nulle, lesdits moyens de production d'indice comprenant des moyens pour la combinaison desdits premier et second sous-indices ;

- lorsque la section de piste inférieure contient les positions des cinq impulsions d'amplitude non nulle :

35 des moyens pour le calcul d'un premier sous-indice de trois impulsions d'amplitude non nulle situées dans la section de piste inférieure en utilisant la procédure 3 appliquée aux positions de ladite section de piste inférieure ;

des moyens pour le calcul d'un second sous-indice des deux impulsions d'amplitude non nulle restantes en utilisant la procédure 2 appliquée aux positions de ladite une piste entière ; et

40 des moyens pour la production d'un indice de position et d'amplitude des cinq impulsions d'amplitude non nulle, lesdits moyens de production d'indice comprenant des moyens pour la combinaison desdits premier et second sous-indices.

56. Dispositif pour l'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions selon la revendication 55, dans lequel, lorsque $X = 6$:

45 les moyens pour la division des positions de ladite une piste en deux sections comprennent des moyens pour la division des positions de ladite une piste en des sections inférieure et supérieure ; et la procédure 6 comprend :

- lorsque la section de piste supérieure contient les positions des six impulsions d'amplitude non nulle :

50 des moyens pour le calcul d'un premier sous-indice de cinq impulsions d'amplitude non nulle situées dans ladite section de piste supérieure en utilisant la procédure 5 appliquée aux positions de ladite section de piste supérieure ;

des moyens pour le calcul d'un second sous-indice de l'impulsion d'amplitude non nulle restante en utilisant la procédure 1 appliquée aux positions de la section de piste supérieure ; et

55 des moyens pour la production d'un indice de position et d'amplitude des six impulsions d'amplitude non nulle, lesdits moyens de production d'indice comprenant des moyens pour la combinaison desdits premier et second sous-indices ;

- lorsque la section de piste inférieure contient la position d'une impulsion d'amplitude non nulle et la section de piste supérieure contient les positions des cinq autres impulsions d'amplitude non nulle :

5 des moyens pour le calcul d'un premier sous-indice des cinq impulsions d'amplitude non nulle situées dans la section de piste supérieure en utilisant la procédure 5 appliquée aux positions de ladite section de piste supérieure ;

des moyens pour le calcul d'un second sous-indice de l'impulsion d'amplitude non nulle située dans la section de piste inférieure en utilisant la procédure 1 appliquée aux positions de ladite section de piste inférieure ; et

10 des moyens pour la production d'un indice de position et d'amplitude des six impulsions d'amplitude non nulle, lesdits moyens de production d'indice comprenant des moyens pour la combinaison desdits premier et second sous-indices ;

15 - lorsque la section de piste inférieure contient les positions de deux impulsions d'amplitude non nulle et la section de piste supérieure contient les positions des quatre autres impulsions d'amplitude non nulle :

20 des moyens pour le calcul d'un premier sous-indice des quatre impulsions d'amplitude non nulle situées dans la section de piste supérieure en utilisant la procédure 4 appliquée aux positions de ladite section de piste supérieure ;

des moyens pour le calcul d'un second sous-indice des deux impulsions d'amplitude non nulle restantes situées dans la section de piste inférieure en utilisant la procédure 2 appliquée aux positions de ladite section de piste inférieure ; et

25 des moyens pour la production d'un indice de position et d'amplitude des six impulsions d'amplitude non nulle, lesdits moyens de production d'indice comprenant des moyens pour la combinaison desdits premier et second sous-indices ;

- lorsque la section de piste inférieure contient les positions de trois impulsions d'amplitude non nulle et la section de piste supérieure contient les positions des trois autres impulsions d'amplitude non nulle :

30 des moyens pour le calcul d'un premier sous-indice desdites trois impulsions d'amplitude non nulle situées dans la section de piste inférieure en utilisant la procédure 3 appliquée aux positions de ladite section de piste inférieure ;

35 des moyens pour le calcul d'un second sous-indice des trois impulsions d'amplitude non nulle restantes situées dans la section de piste supérieure en utilisant la procédure 3 appliquée aux positions de la section de piste supérieure ; et

des moyens pour la production d'un indice de position et d'amplitude des six impulsions d'amplitude non nulle, lesdits moyens de production d'indice comprenant des moyens pour la combinaison desdits premier et second sous-indices ;

40 - lorsque la section de piste inférieure contient les positions de quatre impulsions d'amplitude non nulle et la section de piste supérieure contient les positions des deux autres impulsions d'amplitude non nulle :

45 des moyens pour le calcul d'un premier sous-indice des quatre impulsions d'amplitude non nulle situées dans la section de piste inférieure en utilisant la procédure 4 appliquée aux positions de ladite section de piste inférieure ;

des moyens pour le calcul d'un second sous-indice des deux impulsions d'amplitude non nulle restantes situées dans la section de piste supérieure en utilisant la procédure 2 appliquée aux positions de ladite section de piste supérieure ; et

50 des moyens pour la production d'un indice de position et d'amplitude des six impulsions d'amplitude non nulle, lesdits moyens de production d'indice comprenant des moyens pour la combinaison desdits premier et second sous-indices ;

- lorsque la section de piste inférieure contient les positions de cinq impulsions d'amplitude non nulle et la section de piste supérieure contient la position de l'impulsion d'amplitude non nulle restante :

55 des moyens pour le calcul d'un premier sous-indice des cinq impulsions d'amplitude non nulle situées dans la section de piste inférieure en utilisant la procédure 5 appliquée aux positions de ladite section de piste inférieure ;

des moyens pour le calcul d'un second sous-indice de l'impulsion d'amplitude non nulle restante située dans la section de piste supérieure en utilisant la procédure 1 appliquée aux positions de ladite section de piste supérieure ; et
 5 des moyens pour la production d'un indice de position et d'amplitude des six impulsions d'amplitude non nulle, lesdits moyens de production d'indice comprenant des moyens pour la combinaison desdits premier et second sous-indices ; et

- lorsque la section de piste inférieure contient les positions des six impulsions d'amplitude non nulle :

10 des moyens pour le calcul d'un premier sous-indice de cinq impulsions d'amplitude non nulle situées dans la section de piste inférieure en utilisant la procédure 5 appliquée aux positions de ladite section de piste inférieure ;
 15 des moyens pour le calcul d'un second sous-indice de l'impulsion d'amplitude non nulle restante située dans la section de piste inférieure en utilisant la procédure 1 appliquée aux positions de la section de piste inférieure ; et
 des moyens pour la production d'un indice de position et d'amplitude des six impulsions d'amplitude non nulle, lesdits moyens de production d'indice comprenant des moyens pour la combinaison desdits premier et second sous-indices.

20 **57.** Système de communication cellulaire pour la desserte d'une grande zone géographique divisée en une pluralité de cellules, comprenant :

des unités émettrices/réceptrices mobiles ;
 25 des stations de base cellulaires situées respectivement dans lesdites cellules ;
 des moyens pour la commande de la communication entre les stations de base cellulaires ;
 un sous-système de communication sans fil bidirectionnel entre chaque unité mobile située dans une cellule et la station de base cellulaire de ladite une cellule, ledit sous-système de communication sans fil bidirectionnel comprenant à la fois dans l'unité mobile et dans la station de base cellulaire (a) un émetteur comprenant des moyens pour le codage d'un signal vocal et des moyens pour la transmission du signal vocal codé, et (b) un récepteur comprenant des moyens pour la réception d'un signal vocal codé transmis et des moyens pour le décodage du signal vocal codé reçu ;
 30 - dans lequel lesdits moyens de codage de signal vocal comprennent des moyens de production de paramètres de codage de signal vocal à partir du signal vocal, et dans lequel lesdits moyens de production de paramètres de codage de signal vocal comprennent des moyens pour la recherche au sein d'un dictionnaire de codes algébriques en vue de produire au moins un desdits paramètres de codage de signal vocal, et un dispositif selon l'une quelconque des revendications 29 à 56, pour l'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions dans ledit dictionnaire de codes algébriques, ledit signal vocal constituant ledit signal sonore.

40 **58.** Élément de réseau cellulaire comprenant (a) un émetteur comprenant des moyens pour le codage d'un signal vocal et des moyens pour la transmission du signal vocal codé, et (b) un récepteur comprenant des moyens pour la réception d'un signal vocal codé transmis et des moyens pour le décodage du signal vocal codé reçu ;

45 - dans lequel lesdits moyens de codage de signal vocal comprennent des moyens de production de paramètres de codage de signal vocal à partir du signal vocal, et

dans lequel lesdits moyens de production de paramètres de codage de signal vocal comprennent des moyens pour la recherche au sein d'un dictionnaire de codes algébriques en vue de produire au moins un desdits paramètres de codage de signal vocal, et un dispositif selon l'une quelconque des revendications 29 à 56, pour l'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions dans ledit dictionnaire de codes algébriques, ledit signal vocal constituant ledit signal sonore.

55 **59.** Unité émettrice/réceptrice mobile cellulaire comprenant (a) un émetteur comprenant des moyens pour le codage d'un signal vocal et des moyens pour la transmission du signal vocal codé, et (b) un récepteur comprenant des moyens pour la réception d'un signal vocal codé transmis et des moyens pour le décodage du signal vocal codé reçu ;

- dans lequel lesdits moyens de codage de signal vocal comprennent des moyens de production de paramètres

de codage de signal vocal à partir du signal vocal, et

5 dans lequel lesdits moyens de production de paramètres de codage de signal vocal comprennent des moyens pour la recherche au sein d'un dictionnaire de codes algébriques en vue de produire au moins un desdits paramètres de codage de signal vocal, et un dispositif selon l'une quelconque des revendications 29 à 56, pour l'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions dans ledit dictionnaire de codes algébriques, ledit signal vocal constituant ledit signal sonore.

- 10 **60.** Sous-système de communication sans fil bidirectionnel pour un système de communication cellulaire, ledit système étant adapté à desservir une zone géographique divisée en une pluralité de cellules et comprenant :

15 des unités émettrices/réceptrices mobiles ;
des stations de base cellulaires situées respectivement dans lesdites cellules ; et
des moyens pour la commande de la communication entre les stations de base cellulaires ;
ledit sous-système étant adapté à fonctionner entre chaque unité mobile située dans une cellule et la station de base cellulaire de ladite une cellule, ledit sous-système de communication sans fil bidirectionnel comprenant à la fois dans l'unité mobile et dans la station de base cellulaire :

20 (a) un émetteur comprenant des moyens pour le codage d'un signal vocal et des moyens pour la transmission du signal vocal codé, et
(b) un récepteur comprenant des moyens pour la réception d'un signal vocal codé transmis et des moyens pour le décodage du signal vocal codé reçu ;

25 - dans lequel lesdits moyens de codage de signal vocal comprennent des moyens de production de paramètres de codage de signal vocal à partir du signal vocal, et dans lequel lesdits moyens de production de paramètres de codage de signal vocal comprennent des moyens pour la recherche au sein d'un dictionnaire de codes algébriques en vue de produire au moins un desdits paramètres de codage de signal vocal, et un dispositif selon l'une quelconque des revendications 29 à 56, pour l'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions dans ledit dictionnaire de codes algébriques, ledit signal vocal constituant ledit signal sonore.

- 30 **61.** Codeur pour le codage d'un signal sonore, comprenant des moyens de traitement de signal sonore sensibles au signal sonore pour la production de paramètres de codage de signal vocal, dans lequel lesdits moyens de traitement de signal sonore comprennent :

35 des moyens pour la recherche au sein d'un dictionnaire de codes algébriques en vue de produire au moins un desdits paramètres de codage de signal vocal ; et
un dispositif selon l'une quelconque des revendications 29 à 56, pour l'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions dans ledit dictionnaire de codes algébriques.

- 40 **62.** Décodeur pour la synthèse d'un signal sonore en réponse à des paramètres de codage de signal sonore, comprenant :

45 des moyens de traitement de paramètres de codage sensibles auxdits paramètres de codage de signal sonore pour la production d'un signal d'excitation, dans lequel lesdits moyens de traitement de paramètres de codage comprennent :

50 un dictionnaire de codes algébriques sensible à au moins un desdits paramètres de codage de signal sonore pour la production d'une portion dudit signal d'excitation ; et
un dispositif selon l'une quelconque des revendications 29 à 56, pour l'indexation de positions et d'amplitudes d'impulsions dans ledit dictionnaire de codes algébriques ; et
des moyens de filtrage de synthèse pour la synthèse dudit signal sonore en réponse audit signal d'excitation.

