

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報 (B 2)

(11)特許出願公告番号

特公平 7 - 9 7 7 5 2

(24)(44)公告日 平成7年(1995)10月18日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 3 M	7/30	Z 8842 - 5 J		
	7/28	8842 - 5 J		
	7/40	8842 - 5 J		

発明の数 1

(全 6 頁)

(21)出願番号	特願昭60-202961	(71)出願人	999999999 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号
(22)出願日	昭和60年(1985)9月13日	(72)発明者	守谷 健弘 東京都武蔵野市緑町3丁目9番11号 日本電 信電話株式会社基礎研究所内
(65)公開番号	特開昭62-64129	(72)発明者	誉田 雅彰 東京都武蔵野市緑町3丁目9番11号 日本電 信電話株式会社基礎研究所内
(43)公開日	昭和62年(1987)3月23日	(74)代理人	弁理士 草野 卓
		審査官	松尾 淳一
		(56)参考文献	特開昭58 - 75341 (J P , A)

(54)【発明の名称】符号化方法

1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】所定数の特定記号を含み、一定長さの記号系列の一端から最初に生じる特定記号の位置を示す先頭位置と、上記特定記号の平均間隔と予測平均間隔との誤差と、上記先頭位置以外の上記特定記号の各位置の誤差との各パラメータの符号長の違いによって分類した複数の符号化モデルを用意しておき、一定長さの入力記号系列を、上記複数の符号化モデルの何れで表わせば最も効率がよいかを判定し、その判定した符号化モデルの種類を識別するモデル指定符号と、その符号化モデルで設定された各パラメータの値（誤差の符号）とを組合せて各入力記号系列を符号化する符号化方法。

【請求項 2】上記モデル指定符号は、上位複数の符号化モデルの統計的出現頻度に基づいて決められた可変長符

2

号であることを特徴とする特許請求の範囲第 1 項記載の符号化方法。

【請求項 3】上記特定記号の平均間隔と予測平均間隔との誤差を表わす第 1 符号長と上記先頭位置以外の上記特定記号の各位置の誤差を表わす第 2 符号長とのすべての組合せをそれぞれ単位モデルとし、これら単位モデル以外に属する記号系列を一括してモデル外モデルとし、これら単位モデル及びモデル外モデルの各統計的出現頻度を調べ、すべての記号系列を 1 つの集合から出発し、平均符号長（モデル指定符号 + 誤差の符号）が最も短くなるように上記モデルにより記号系列を 2 分し、その各 2 分された記号系列についてそれぞれ同様に平均符号長が最も短くなるように 2 分することを繰返し、平均符号長が短くなる限り逐次木状にモデルにより記号系列を分けることにより符号化に用いる上記符号化モデルを設定す

ると共に、上記記号系列を分ける際の木の分岐の情報を上記モデル指定符号とすることを特徴とする特許請求の範囲第2項記載の符号化方法。

【発明の詳細な説明】

「産業上の利用分野」

この発明は周期性をもつ音声のピッチパルス位置や、規則性をもつ画像の符号化に適し、一定長の記号系列で特定の記号の発生が周期的に近いものを特に少ない誤差で短い符号として符号化することができる符号化方法に関する。

「従来の技術」

記号系列として、各記号が“0”か“1”かの何れをとる2値デジタル記号列の場合で、かつその一方の記号、例えば“1”の生起確率が非常に小さい記号系列を符号化する場合、従来においては（a）ランレングス符号、（b）ブロック符号、（c）数え上げ符号が知られている。

（a）のランレングス符号では、“0”の個数すなわち連続する“0”の長さを符号とし、かつ通常は、符号長を短くするために可変長符号を使う。即ち、“1”と“1”の間隔（“0”の長さ）で頻度の高いものに短い符号を割り当てる。この方法では“1”の生起ごとに符号が発生し、必ずしも情報圧縮の効率は高くない。さらに符号長の変動が大きく、当然符号バッファに符号をたくわえてその符号バッファから一定速度で送出伝送することが必要となり、最悪の場合の符号長の長さに合わせて符号バッファを用意しておかななくてはならないので実用上システム構成上大きな障害となる欠点がある。

（b）のブロック符号では、一定個数の記号系列を1ブロック（あるいは1ベクトル）とし、ベクトルとしての生起確率（頻度）の高いもの、例えばすべて“0”のベクトルに短い符号を割り当てる。この方法ではベクトルの次元数が小さいと情報圧縮の効果が小さく、逆に次元数のべき乗に比例して符号化処理が複雑になるため、実用上次元数は大きくできないと言う欠点がある。また符号長変動に伴うバッファの大きさの問題も（a）のランレングス符号の場合と同様である。

（c）の数え上げ符号では、符号化の対象とする記号系列全体に渡って“1”の個数を求め、次に“1”の記号系列上での発生位置の異なるものを順序づけてその番号を符号とする。全体で“1”の個数の上限が決まっていれば、符号長の変動なく符号化できるが、“1”の発生位置がある程度の規則性がある場合にも、その規則性を生かして情報圧縮の効率を高めることができない。“1”の発生位置の各組み合わせについて発生頻度を調べて可変長符号に変換すれば、符号長を原理的下限にまで短くすることができる。しかしながら、組み合わせの数の総数について符号長の設計をする必要があり、設計も符号化にも非現実的な量の処理を要するという欠点がある。

この発明の目的は入力記号列中の特定記号の個々の発生

位置ではなく、一定長の記号系列にわたる特定記号の配置モデルを使うことで情報圧縮率が高い、すなわち、平均符号長が短く、符号長の変動が小さい、比較的簡便な符号化法を提供することにある。

「問題点を解決するための手段」

この発明は、符号化しようとする記号系列中の特定記号の発生位置、あるいは、特定記号の間隔が何らかの規則性、周期性をもつ時、その規則を指定すれば、大幅に符号を節約できる点に着目し、その周期性の規則を符号化モデル（ひな形）として予め何種類か用意しておき、入力記号系列と最も近い符号化モデルの符号（モデル指定符号）と、その符号化モデルと入力記号列との誤差を表わす符号（誤差の符号）とを組み合わせる符号出力とする。

ここで符号化モデルの例を示す。ただしN個の2値記号系列を入力とし、“1”の個数は最大 n_{max} とする。この例では例えば $\log_2(n_{max})$ ビットの情報で“1”の個数を指定する。ここでは“1”の個数nは既知として説明する。いま記号系列の一端、例えば先頭からm番目の“1”に着目し、この“1”の先頭からの位置（“1”と“0”と合わせて数える）を P_m とする時、これと（m-1）番目の“1”の位置 P_{m-1} との間隔 q_m （第1図参照）を

$$q_m = P_m - P_{m-1} = (L + 1) + \dots \quad (1)$$

$$m = 2, 3, \dots, n$$

とモデル化する。ここで、Lは“1”の予測平均間隔で N, P_1, n から例えば次のように決める。

$$L = \{ (N - P_1) / n + (N - P_1) / (n - 1) \} / 2 \dots \quad (2)$$

ただし、Lは小数点以下を四捨五入した整数値を使う。また P_1 は一番最初の“1”の位置で、この例では P_1 は記号系列中の最初の半分に現れるものとし、 $\log_2(N/2)$ ビットを使って固定的に符号化する。また、 l は記号系列の“1”の平均間隔とLとの誤差（平均間隔誤差）、 m は第m番目の“1”とその直前の第（m-1）番目の“1”との間隔 q_m と、（L+1）との誤差（位置誤差）である。

この発明では符号化モデルを P_1, l, m の各パラメータの符号長の違いにより分類する。例えば l, m を何ビットで表わすか、その許容範囲で符号化モデルを分類する。例えば第2図に示すように $N = 16, n = 4$ の場合を例にとって具体的に説明する。Qは（ P_1, q_2, q_3, q_4 ）を表わすものとし、入力記号列を予め用意した S_{00}, S_{01}, S_1 の3種の符号化モデルのいずれかに分類する。Sの添え字は、後述で明らかにするが分類のための可変長符号である。これら符号化モデルを集合の記法で示すと次の通りである。

$$S_{00} = \{ Q | l = \{ -1, 0 \}, m = \{ 0 \} \}$$

$$S_{01} = \{ Q | l = \{ -1, 0 \}, m = \{ -1, 0 \} \}$$

（但し S_{00} を除く）

$$S_1 = \left(\overline{S_{00}} \cup \overline{S_{01}} \right)$$

すなわち S_{00} は $m = 0$ であり、(3,4,4,4)や(2,3,3,3)のように $q_2 = q_3 = q_4$ で表わせ、“1”の間隔が等間であるが、その間隔は、予測平均間隔 L と等しい場合 $l = 0$ と、予測平均間隔 L より1少ない $l = -1$ の場合とがあり、誤差 l は1ビットで表わさせる。

S_{01} は $l = 0$ と $l = -1$ との何れかをとり誤差 l は1ビットである。 $l = 2, 3, 4$ のそれぞれは0の場合と $l = -1$ の場合とがあり、位置誤差 m は各1ビット必要とし、全体で4ビットで表わせる。

S_1 は S_{01}, S_{00} に合わない記号系列のすべてであり、それらを数え上げ符号とすると $\log_2 \binom{4}{n} = 11$ ビットで表わせる。

以上の準備した符号化モデル S_{00}, S_{01}, S_1 を用いて入力記号列を符号化するには第2図に示すようにする。まず入力記号列を $Q = (P_1, q_2, q_3, q_4)$ に変換する。次に特定記号“1”の数 n を符号化する。その後、 P_1, n から(2)式により L を算出する。そしてその入力記号系列が S_{00} の符号化モデルに合うか調べる。合うならこの符号化モデルを指定するモデル指定符号“00”の2ビットと、誤差の符号として P_1 の情報3ビットと、 l の情報1ビットとの計6ビットの符号で出力符号として終了する。

入力記号系列が S_{00} に合わないならば S_{01} に合うかを調べ、合うならそのモデル指定符号“01”の2ビットと、誤差の符号として P_1 の3ビットと、 l の1ビットと、 m の3ビットとの計9ビットを符号化出力として終る。入力記号系列が S_{01} でもなければ S_1 であるからそのモデル指定符号“1”の1ビットと、“1”の誤差の符号として組み合わせの数え上げ符号11ビットとの計12ビットの符号を出力符号として終了する。

なお入力記号系列が S_{00} に合う場合は、その l が0か-1かにより l を“0”か“1”かに符号化する。同様に入力記号系列が S_{01} に合う(属する)場合は、 l が“0”か“1”か、各 m が“0”か“1”かに符号化する。

このようにして符号化された符号を最初にモデル指定符号、次に誤差の符号を組として送出すれば、復号側では、最初の1ビットが“1”ならば第3図に示すように S_1 に属する符号となり、従ってその次の11ビットが誤差の符号となり、その後はモデル指定符号となることを検出できる。同様に最初の2ビットが“01”ならば S_{01} に属する符号であり、これに続く7ビットが誤差の符号である。最初の2ビットが“00”ならば S_{00} に属する符号であり、これに続く4ビットが誤差の符号である。

復号側での復号処理は第4図に示すようにまず n を復号し、次にモデル指定符号を復号し、 S_1 と S_{01}, S_{00} との何れであるかを判定し、このモデル指定符号が S_{00} の場合は、これにより決まる誤差の符号の各パラメータ値、つまり3ビットの P_1 と、1ビットの l とを誤差の符号と

し、 S_{01} の場合は P_1 と l と更に3ビットの m とを誤差の符号とし、次にこれら誤差の符号のパラメータ P_1 を用いて(2)式に従って L を算出し、その L と S_{00} の場合は l 、 S_{01} の場合は l 及び m の値とから Q を算出し、更にこの Q から“1”と“0”との記号系列に変更する。モデル指定符号が S_1 の場合は次の11ビットの符号が数え上げ符号の番号符号であり、 Q を算出することなく、その番号符号と対応する“1”、“0”の記号系列に変換する。

さて、 S_{00}, S_{01}, S_1 を設定するには例えば第5図に示すように、 l, m のビット数の組み合わせの単位モデルつまりパラメータ l, m の符号長の違いによって分類した単位モデル及びそれ以外のもの(モデル外モデル)の各発生頻度と、その各モデルの誤差を表わすビット数の表(第6図)とを使ってすべての記号系列を逐次木状に順次2分して作ることができる。すべての単位モデルに細分すれば、つまり l, m の取り得るすべての組合せについて単位モデルを作り、これを符号化モデルとすれば誤差が小さくなり誤差の符号が短くなるが、符号化モデルを指定する情報(モデル指定符号)が増大してしまうため、符号化モデルの統計的出現頻度に合わせて、モデル指定符号と誤差を表わす符号との和が必ず減少するように木状にモデルを分割し、その分岐に対応する符号をそのままあるいは必要に応じて、分割ごとに最適化してモデル指定の可変長符号とする。この分割法により必ずしも最適な設定に達する保証はないが必ず平均符号長が減少する方向で、近傍最適に達し、モデル指定符号は自動的に一意解読可能である。

この分割手順を第5図~第7図を参照して、具体的に説明する。第7図のモデル分割の経過に示すように、まずモデルに分割しない初期状態ではとりうる系列のすべてを数え上げ符号のみですべての記号系列を符号化することになり、記号系列の長さが16ビットで“1”の数が4であるから符号長は11ビットである。第1段で例えば l のビット数が“0”、各 m のビット数が0の単位モデル(モデル(0,0)と記す)とそれ以外とに記号系列を分割してみる。つまり P_1 の情報のみで表せるものと、それ以外のものとの分割してやることであり、0.1の出現頻度をもつモデル(0,0)はその誤差符号としては P_1 を表わすための3ビットのみで済む。モデル(0,0)以外の出現頻度は0.9で、これを表わすには11ビットを要す。更にモデル(0,0)とそれ以外とを区別するためのモデル指定符号をとるとともに1ビット必要であり、結局 $(3+1) \times 0.1 + (11+1) \times 0.9 = 11.2$ ビットの平均符号長を要することになり、全く分割しない場合の符号長11ビットより長くなり、この分割は逆効果となる。

このようにして各種分割を行い、分割線を捜すとモデル(1,1)が最も効果が大きいことがわかる。すなわちすべての記号系列を、 l が1ビット、 $l = 2, 3, 4$ が各1ビットの誤差内で表わせるものと、その外(その他)のものとの分割する場合である。モデル(1,1)の

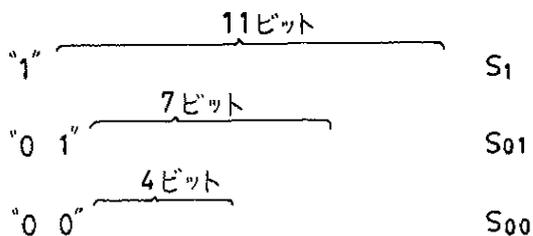
誤差内で表わせるものの出現頻度は第5図においてそのモデル(1,1)の左上方すべてのモデルを含み、つまりモデル(0,0), (0,1), (1,0), (1,1)の出現頻度であり、 $0.1+0.15+0.05+0.2=0.5$ となる。誤差を表わすに必要な情報量(誤差の符号)は P_1 の3ビット、1の1ビット、 ${}_2, {}_3, {}_4$ の各1ビット、計7ビットである。この分割で平均符号長は $(7+1) \times 0.5(1+1) \times 0.5=10$ となる。以上で第1段の分割が終了する。

次に各分割の中でさらに分割できる線を捜すとモデル(1,1)の外(モデル(1,1)の誤差より小さいもの以外)のものでは分割できず、(分割すると返って符号長が長くなり)、モデル(1,1)の内(モデル(1,1)の誤差以内のもの)でさらにモデル(1,0)内と外とに分割でき、それ以上の分割はできないことがわかる。これで分割は終了し、第5図に合った符号化モデル S_{00}, S_{01}, S_1 が構成され、平均符号長は9.5となる。これを第8図に示す。この得られた符号化モデルの添字はモデル指定符号をも示している。モデル S_{00} はモデル指定符号として2ビット、誤差の符号として P_1 3ビットと11ビットとの4ビットよりなり、計6ビットの長さである。モデル S_{01} はモデル指定符号2ビットと誤差の符号7ビットの計9ビットの長さであり、モデル S_1 はモデル指定符号1ビットと数え上げ符号の11ビットとの計12ビットの長さとなる。

出発点となるモデルの設定にあたっては説明例よりさらに細分化した出現頻度統計により性能を向上させることができる。例えば左端位置(最初に“1”が出現する位置)の値 P_1 によって細分化することが考えられる。あるいは左端位置を固定して各間隔をモデル化するか、右端位置を固定して各間隔をモデル化するかで細分化することも考えられる。このようにできるだけ細かく統計をとっておくと、モデルを分割していく過程で不必要に細分化されたモデルは結果的に併合されるため、害はなく、より能率のよい符号化モデルの設定が可能となる。

また、符号化モデルに合わない記号系列を、実施例では数え上げ符号により符号化した。その記号系列のそれぞれを表わせる符号なら何でもよい。この際簡便な符号を使って多少符号長が長くなっても符号化モデルに合わ

【第3図】



ない時のみであるので、その出現頻度が小さいため、全体の平均符号長の性能の低下は少なくてすむ。

「発明の効果」

以上説明したように、この発明によれば、入力記号が符号化モデルのいずれかに一致していれば非常に少ない情報伝送量で済み、符号化モデルにまったく合っていないとも、一定の情報量で済むため、規則性がある程度認められる入力記号系列に対して非常に平均符号長の短い符号化が実現できる。従ってある程度周期性を持つ音声のピッチパルス位置の符号化や、規則性を持つ画像の符号化に有効である。

$N=256$, 最小間隔17で音声のピッチパルス位置の符号化に適用し、従来技術とパルス数ごとに平均符号長を比較したものを第9図に示す。

曲線11は従来技術(b)のブロック符号で16次元で可変長符号とした場合であり、曲線12は従来技術(c)の数え上げ符号の場合であり、曲線13は従来技術(a)のランレングス符号でパルス数の符号も併用した場合であり、曲線14はこの発明による場合である。

この図よりフレーム当りのパルス数が5以上でこの発明の効果は顕著であることがわかる。また最大符号長は曲線12の数え上げ符号よりも2ビット程度長くなるが、曲線11,13の場合より短くなり、また処理は曲線11のブロック符号より多いが、曲線12,13の場合より少ない。

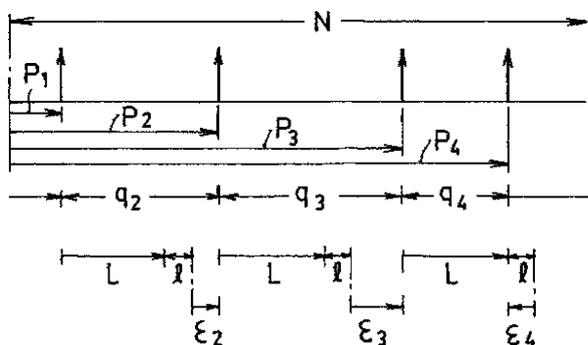
【図面の簡単な説明】

第1図は符号化モデルにおける特定記号の発生位置 P と、その発生位置の間隔 q と、予測平均符間隔 L と、平均間隔誤差 l と位置誤差との関係を示す図、第2図は符号化の手順の例を示す図、第3図は各符号化モデルのモデル指定符号及び誤差の符号のビット数を示す図、第4図は第2図の符号化と対応した復号化の手順を示す図、第5図は符号化モデル設定時に使う細分化された単位モデルの出現頻度の例を示す図、第6図は符号化モデル設定時に使う細分化された単位モデルに要する情報量の例を示す図、第7図はモデル設定時におけるアルゴリズム実行過程例を示す図、第8図は符号の構成例を示す図、第9図は平均符号長を各符号化法で比較した図である。

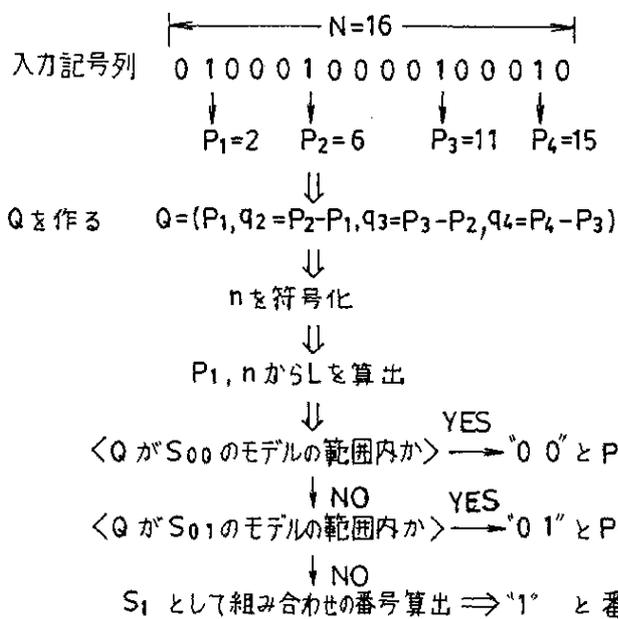
【第5図】

		l のビット数		
		0	1	2
各 Em の ビット 数	0	0.10	0.15	0.02
	1	0.05	0.20	0.02
	2	0.02	0.02	0.02 (その他0.40)

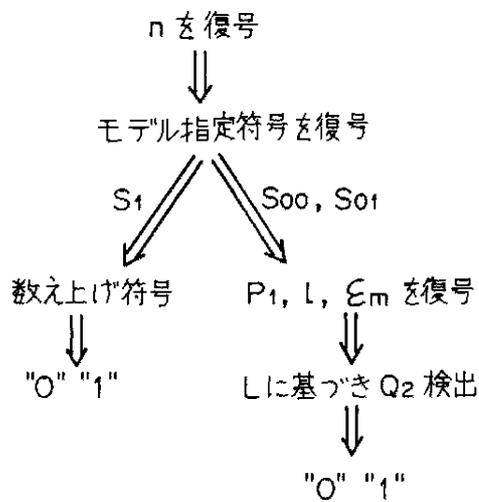
【第1図】



【第2図】



【第4図】



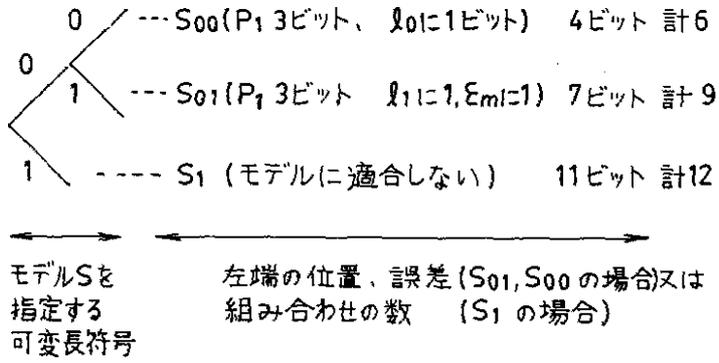
【第6図】

		lのビット数		
		0	1	2
各 ϵ_m のビット数	0	3	4	5
	1	6	7	8
	2	9	10	11 (その他11)

【第7図】

分割(lのビット数, ϵ_m のビット数)	平均符号長
0	11
(1, 1)	$(11+1) \times 0.5 + (7+1) \times 0.5 = 10$
(1, 1), (1, 0)	$(11+1) \times 0.5$
[(1, 1)の中をさらに (1, 0)とその他に分割]	$+ (7+2) \times 0.25$ $+ (3+2) \times 0.25 = 9.5$
これ以上の分割による改善はない	終了

【第8図】



【第9図】

