Die Zahlen in den Feldern geben an, wie oft das zugehörige Ereignis in einem quantisierten Videosignal mit etwa 15 000 Signalwerten auftritt. Die Zuordnung von Huffman-Codeworten macht die Tabelle offensichtlich: das Ereignis L=0, B=1 bekommt das kürzeste Codewort; es folgt das Ereignis L=1, B=1 mit dem nächstlängeren Codewort und so fort.

Trägt man in die Ereignisfelder der Tabelle statt der Häufigkeiten die zugeordneten Codeworte ein, so ergibt sich eine zweidimensionale Codierungstabelle. Sie ist hier nicht angegeben, weil das Aufstellen solcher Codierungstabellen zum handwerklichen Können des Fachmannes gehört. Ergänzend sei angemerkt, daß bei den Ereignissen mit L größer oder gleich 9 oder mit B größer oder gleich 9 nach dem zugeordneten Codewort noch maximal 11 Bits folgen, durch die der Empfänger eine genaue Information über die Größe L bzw. über die Größe B erhält.

Eine Codierung von Videosignalen nach der eben angedeuteten zweidimensionalen Codierungstabelle ergibt gegenüber der eingangs beschriebenen Codierung eine zusätzliche Bitratenreduktion von 12%.

KODAK_000160

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Bitratenreduktion bei der Codierung eines Signales, das aus einer Folge von digital dargestellten, endlich vielen Signalwerten besteht und das einen Signalwert A enthält, der am häufigsten in ununterbrochenen Teilfolgen vorkommt,
dadurch gekennzeichnet,
daß jeder ununterbrochenen Teilfolge von Signalwerten A mit der Länge 0, 1, 2 usw. zusammen mit dem sich der Teilfolge anschließenden Signalwert oder zusammen mit dem der Teilfolge vorangehenden Signalwert ein Huffman-Codewort zugeordnet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jeder ununterbrochenen Teilfolge von Signalwerten A zusammen mit dem sich der Teilfolge anschließenden Signalwert oder zusammen mit dem der Teilfolge vorangehenden Signalwert das gleiche Huffman-Codewort zugeordnet wird, wenn die Teilfolge eine vorgegebene Länge überschreitet.

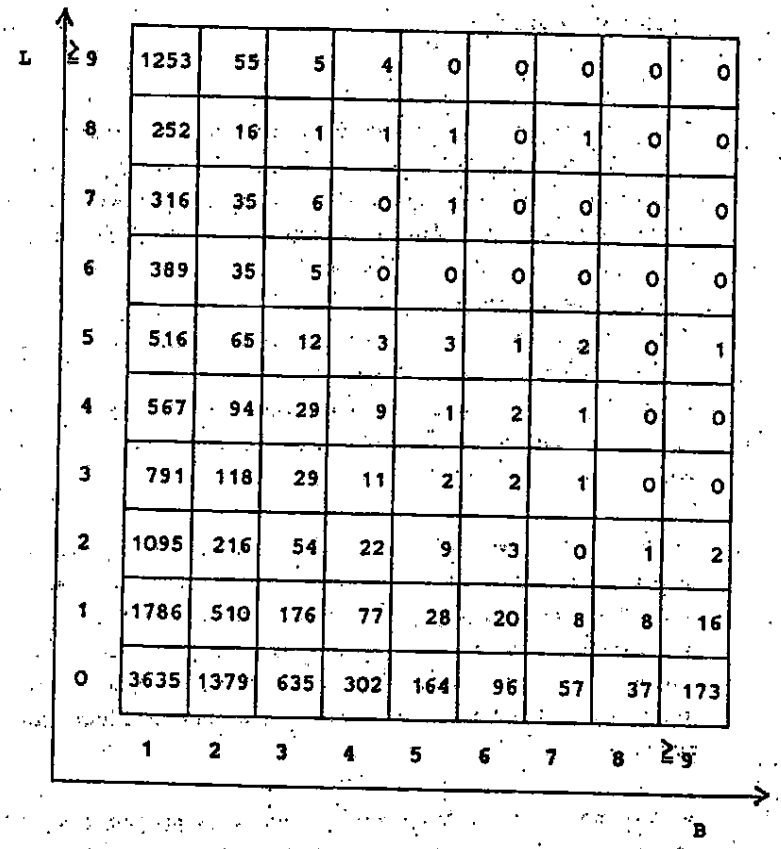
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei dem Signal um eine Folge von Koeffizienten handelt, die sich nach der blockweisen Cosinus-Transformation von Bildpunkten eines Videosignales mit anschließender Quantisierung ergibt und daß der Signalwert A der Wert Null ist.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Huffman-Codewort unabhängig von dem Vorzeichen desjenigen Koeffizienten ist, der sich auf die Folge von Nullen anschließt oder ihr vorangeht, und daß das Vorzeichen durch ein gesondertes Bit codiert wird.

KODAK_000161

[redacted]

Tabelle



PHD 86-327

KODAK_000162

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

Bescheinigung

Die PHILIPS PATENTVERWALTUNG GMBH in 2000 Hamburg hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Verfahren zur Bitratenreduktion"

am 23. Mai 1987 beim Deutschen Patentamt eingereicht.

Das angeheftete Stück ist eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlage dieser Patentanmeldung.

Die angeheftete Zusammenfassung, die der Anmeldung beizufügen, aber kein Bestandteil der Anmeldung ist, stimmt mit dem am 23. Mai 1987 eingereichten Original überein.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patentamt vorläufig die Symbole H 03 M 7/40, H 04 N 7/13 und H 04 N 1/415 der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

Aktenzeichen: P 37 17 399.5

München, den 16. Oktober 1987

Der Präsident des Deutschen Patentamts

Im Auftrag

K. Konvalin

A 9161

PHD 87-109

ZUSAMMENFASSUNG

Verfahren zur Bitratenreduktion

Das beschriebene Verfahren zur Bitratenreduktion wird bei der Codierung eines Signales eingesetzt, das aus einer Folge von digital dargestellten Signalwerten besteht und das einen Signalwert A enthält, der am häufigsten in ununterbrochenen Teilfolgen vorkommt. Ein erster Schritt der Codierung besteht darin, daß jeder ununterbrochenen Teilfolge von Signalwerten A mit der Länge 0, 1, 2 usw., zusammen mit dem sich der Teilfolge anschließendem Signalwert ein Huffman-Codewort zugeordnet wird.

Ist das Signal in gleichlange Blöcke strukturiert, so wird geprüft, welche Vorteile oder Nachteile die Nichtübertragung des letzten Huffman-Codewortes eines Blockes hat. Überwiegen die Vorteile, dann wird das letzte Huffman-Codewort nicht übertragen und die Prüfung mit dem vorangegangenen Huffman-Codewort als letztem Codewort wiederholt.

Ein besonderer Anwendungsfall für das beschriebene Verfahren ergibt sich bei der Codierung von Videosignalen, insbesondere bei der Codierung der seriell anfallenden Elemente sogenannter Koeffizientenblöcke. Ein Koeffizientenblock besteht aus 64 Elementen. Am häufigsten kommt hier der Signalwert 0 in ununterbrochenen Teilfolgen vor. Werden bei Anwendung des beschriebenen Verfahrens Huffman-Codeworte nicht übertragen, so werden auf der Empfängerseite bei der Decodierung der empfangenen Huffman-Codeworte in Elemente des Koeffizientenblocks, soviele Elemente mit dem Wert Null angeführt, bis sich insgesamt 64 ergeben.

KODAK_000164

PHILIPS PATENTVERWALTUNG GMBH PHD 87-109
22.05.1987

BESCHREIBUNG

Verfahren zur Bitratenreduktion

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bitratenreduktion bei der Codierung eines Signales, das aus einer Folge von digital dargestellten Signalwerten besteht und das einen Signalwert A enthält, der am häufigsten in ununterbrochenen Teilfolgen vorkommt, wobei jeder ununterbrochenen Teilfolge von Signalwerten A mit der Länge 0, 1, 2 usw. zusammen mit dem sich der Teilfolge anschließenden Signalwert oder zusammen mit dem der Teilfolge vorangehenden Signalwert ein Huffman-Codewort zugeordnet wird.

Ein derartiges Verfahren ist in der deutschen Patentanmeldung mit dem Aktenzeichen P 36 31 252.5 beschrieben. Es wird bei der Codierung von Videosignalen angewendet und dient dem Ziel, mit möglichst geringer Bitrate Videobilder ausreichender Qualität zu übertragen. Bevorzugte Anwendungsgebiete hierfür sind Bildtelefon- oder Videokonferenzsysteme.

Die Codierung von Videosignalen erfolgt (vergleiche hierzu z.B. die DE-A-36 13 343) in mehreren Schritten. Zunächst werden gleichgroße Ausschnitte eines Videobildes - repräsentiert durch quadratische Blöcke von Abtastwerten der Bildpunkte - einer diskreten Cosinus-Transformation unterworfen. Bei dieser Transformation handelt es sich um eine spezielle flächenhafte Fourier-Transformation. Aus dem ursprünglichen Block entsteht nach der Transformation ein neuer Block von Zahlenwerten (Koeffizienten). Die Anzahl der Koeffizienten - auch Elemente des Koeffizientenblocks genannt - ist ebenso groß wie die Zahl der Abtastwerte von Bildpunkten, die zum ursprünglichen Block zu-

KODAK_000165

sammengefaßt sind. Gewöhnlich bestehen die Ausschnitte aus den Videobildern aus 8 x 8-Blöcken, d.h., sie enthalten die Abtastwerte von 64 Bildpunkten. Entsprechend enthält auch der Koeffizientblock 64 Koeffizienten bzw. Elemente.

Der Koeffizientenblock hat nun die Eigenschaft, daß ein großer Teil seiner Elemente nahezu Null oder exakt Null ist. Eine anschließende Quantisierung der Koeffizienten macht dann in aller Regel den überwiegenden Teil der Elemente zu Null, so daß eine darauffolgende, elementeweise vorgenommene Huffman-Codierung schon deswegen eine erhebliche Bitratenreduktion bedeuten würde.

Wegen des häufigen Auftretens des Signalwertes Null in ununterbrochenen Teilfolgen läßt sich noch eine weitere Bitratenreduktion durchführen. Nach der deutschen Patentanmeldung 36 31 252.5 werden z.B. die 64 Koeffizienten eines Blocks, die bei der Codierung von Videosignalen als serielles Zwischensignal auftreten, in Ereignisse zerlegt. Jedes Ereignis ist gekennzeichnet durch die Länge L (runlength) einer ununterbrochenen Teilfolge von Nullen und dem von Null verschiedenen Betrag B des sich anschließenden Koeffizienten.

Entscheidend in der zitierten Patentanmeldung ist, daß die Länge L der Teilfolgen von Nullen selbst den Wert Null annehmen kann. Tritt z.B. ein Koeffizient vom Betrage 1 auf, dem drei Nullen vorangehen, so entspricht dies dem Ereignis (L=3, B=1) oder kürzer (3,1). Folgt auf den Koeffizienten mit dem Betrag 1 ein Koeffizient vom Betrag 2, so wird das Auftreten des zweiten Koeffizienten durch das Ereignis (L=0, B=2) bzw. (0,2) charakterisiert. Jedem Ereignis wird nun entsprechend seiner relativen Häufigkeit ein Huffman-Codewort zugeordnet. Die Folge von Koeffizienten eines Blockes wird also in eine

KODAK_000166

Folge von m Ereignissen der Art

(L1, B1)
(L2, B2) (1)
...
(Lm, Bm)

aufgelöst. Wie groß die Anzahl m der Ereignisse ist, hängt von den speziellen Werten der Koeffizienten ab. Besteht der gesamte Koeffizientenblock z.B. aus 63 Nullen mit anschließendem Koeffizienten vom Betrag 1, so zerfällt er nur in ein Ereignis, nämlich (63,1). Da also von vornherein nicht feststeht, in wieviele Ereignisse ein Koeffizientenblock zerlegt wird, müssen schon aus diesem Grunde die einzelnen Blöcke durch ein "end-of-block"-Signal voneinander getrennt werden. Auf der Empfangsseite werden die übertragenen Huffman-Codeworte wieder in Ereignisse zurücktransformiert und diese Ereignisse wiederum in eine Folge von Koeffizienten. Dem Empfänger ist bekannt, daß zu einem Koeffizientenblock z.B. 64 Koeffizienten gehören.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Maßnahmen zur weiteren Bitratenreduktion anzugeben, ohne daß dadurch die Bildqualität in Mitleidenschaft gezogen wird.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß bei einem in gleichlange Blöcke strukturierten Signal geprüft wird, welche Nachteile und Vorteile die Nichtübertragung des letzten Huffman-Codewortes eines Blockes hat und daß dann, wenn die Vorteile überwiegen, das Huffman-Codewort nicht übertragen wird und die gleiche Prüfung mit dem vorangegangen Huffman-Codewort als letztem Huffman-Codewort wiederholt wird.

KODAK_000167

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Anhand eines Ausführungsbeispiels soll die Erfindung näher erläutert werden. Im Ausführungsbeispiel handelt es sich bei dem zu codierenden Signal um die als Zwischensignal anfallende serielle Folge von digital dargestellten Koeffizienten eines Koeffizientenblocks, wie er bei Hybrid-Codierern (vergleiche DE-A-26 13 343) auftritt. Der Einfachheit halber ist angenommen, daß es sich um 4 x 4-Blöcke handelt, ein Block also insgesamt 16 Elemente enthält. Alle Daten, die zu einem Block gehören, sind von den Daten des nächstfolgenden Blocks durch ein "end-of-block"-Zeichen getrennt. Dieses Zeichen bzw. das entsprechende Codewort wird von der Zerlegung des zu codierenden Signals nach Ereignissen ausgenommen.

Hat z.B. die Folge von Koeffizienten eines Blocks in dezimaler Darstellung die Gesalt

XX 4005000050000001 XX (2)

so zerfällt nach dem Schema (1) der Block in folgende Ereignisse:

(0,4)
(2,5)
(4,5) (3)
(6,1).

Damit die Koeffizientenfolge eines Blocks überhaupt in Ereignisse nach dem Schema (1) oder (3) zerlegt werden kann, werden die Koeffizienten vor ihrer weiteren Verarbeitung zwischengespeichert. Die zeitliche Reihenfolge der Koeffizienten in den Schemata (1), (2), und (3) ent-

KODAK_000168

spricht der Reihenfolge ihrer schriftlichen Aufzeichnungen (europäische Schreibrichtung vorausgesetzt). Die Zeichen XX im Beispiel nach dem Schema (2) sybolisieren die "end-of-block"-Zeichen des vorangegangenen Blockes und des dargestellten Blocks.

Die von Null verschiedenen Koeffizienten im Schema (2) sind alle positiv und als ganze Vielfache der kleinsten Einheit, nämlich 1, dargestellt. Wie aus dem Schema (3) ersichtlich, ist das letzte Ereignis das Ereignis (6,1). Die den Ereignissen zugeordnete Huffman-Codeworte sind nicht eingetragen.

Nun wird zunächst geprüft, welches Gewicht für den Empfänger der Empfang des letzten Ereignisses, nämlich (6,1) des Blocks nach (2) hat. Als allgemeine Erfahrungsregel hat sich bei der Bildcodierung herausgestellt, daß die Übertragung von Ereignissen mit einer Folge von mehr als fünf Nullen immer weniger lohnend wird, je kleiner der Betrag des sich anschließenden Koeffizienten ist. Stellt man die durch die Erfahrung gestützte Regel auf, geprüfte Ereignisse, für die L>5 und B=1 ist, nicht zu übertragen, so unterbleibt die Übertragung des letzten Ereignisses. Sodann wird das vorangegangene Ereignis (4,5) nach dem gleichen Kriterium überprüft. Im Beispiel nach (2) ist dann für diesen Block die Prüfung beendet, da das Ereignis(4,5) bzw. das zugeordnete Huffman-Codewort übertragen werden muß.

Nach der Decodierung der Huffman-Codeworte auf der Empfängerseite lassen sich alle Koeffizienten des Blocks nach dem Schema (2) wiedergewinnen, bis auf diejenigen, die zu nicht übertragenen Ereignissen gehören. Da diese jedoch zu den letzten Koeffizienten des Blocks gehören, werden auf der Empfängerseite den decodierten Koeffizienten so viele Koeffizienten vom Betrag Null angefügt, bis die Gesamtzahl der Koeffizienten 16 beträgt.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Bitratenreduktion bei der Codierung eines Signales, das aus einer Folge von digital dargestellten Signalwerten besteht und das einen Signalwert A enthält, der am häufigsten in ununterbrochenen Teilfolgen vorkommt, wobei jeder ununterbrochenen Teilfolge von Signalwerten A mit der Länge 0, 1, 2 usw. zusammen mit dem sich der Teilfolge anschließenden Signalwert oder zusammen mit dem der Teilfolge vorangehenden Signalwert ein Huffman-Codewort zugeordnet wird,
dadurch gekennzeichnet,
daß bei einem in gleichlange Blöcke strukturierten Signal geprüft wird, welche Vorteile und Nachteile die Nichtübertragung des letzten Huffman-Codewortes eines Blockes hat und daß dann, wenn die Vorteile überwiegen, das Huffman-Codewort nicht übertragen wird und anschließend die gleiche Prüfung mit dem vorangegangenen Huffman-Codewort als letztem Huffman-Codewort wiederholt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß ein überprüftes Huffman-Codewort nicht übertragen wird, wenn die Länge der zugehörigen Teilfolge von Signalwerten A eine vom Betrag des sich anschließenden Signalwertes abhängige Schranke übertrifft.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß es sich bei dem Signal um eine Folge von Koeffizienten handelt, die sich nach der blockweisen Cosinus-Trans-

KODAK_000170

formation von Bildpunkten eines Videosignales mit anschließender Quantisierung ergibt und daß der Signalwert A der Wert Null ist.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein überprüftes Huffman-Codewort nicht übertragen wird, wenn die Länge der zugehörigen Teilfolge von Nullen größer als Fünf ist und der Betrag des sich anschließenden Signalwertes der kleinstmögliche Wert verschieden von Null ist.

[redacted]

PHILIPS PATENTVERWALTUNG GMBH PHD 86 336

BESCHREIBUNG

Verfahren zur Bitratenreduktion

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bitratenreduktion bei Codierung eines Signales, das aus einer Folge von digital dargestellten, endlich vielen Signalwerten besteht und das einen Signalwert A enthält, der am häufigsten in ununterbrochenen Teilfolgen vorkommt, wobei ununterbrochenen Teilfolgen von Signalwerten A mit der Länge 0, 1, 2 usw. zusammen mit dem sich den Teilfolgen sich anschließenden Signalwert oder zusammen mit dem den Teilfolgen vorangehenden Signalwert Huffman-Codeworte zugeordnet werden.

In einem Artikel von Wen-Hsiung Chen und William K. Pratt (Chen, Wen-Hsiung und Pratt, William K.: Scene Adaptive Coder. IEEE Transactions on Communications, Vol. Com-32, No. 3, March 1984, S. 225-232) ist eine Codierung von Videosignalen beschrieben, die das Ziel hat, mit möglichst geringer Bitrate Videobilder ausreichender Qualität zu übertragen. Die Codierung erfolgt in mehreren Schritten. Zunächst werden gleichgroße Ausschnitte eines Videobildes, repräsentiert durch Blöcke von Abtastwerten der Bildpunkte, einer diskreten Cosinus-Transformation unterworfen. Bei dieser Transformation handelt es sich um eine spezielle flächenhafte Fourier-Transformation. Aus dem ursprünglichen Block entsteht nach der Transformation ein neuer Block von Zahlenwerten (Koeffizienten). Dieser Koeffizientenblock hat die Eigenschaft, daß ein großer Teil seiner Elemente - also ein großer Teil der Koeffizienten - nahezu Null oder exakt Null ist. Eine anschließende Quantisierung der Koeffizienten macht dann in aller Regel den überwiegenden Teil der Elemente zu Null, so daß eine darauf folgende Huffman-Codierung schon deswegen eine erhebliche Bitratenreduktion bedeuten

KODAK_000172

würde. Zu einer weiteren Bitratenreduktion kommen die Verfasser des oben erwähnten Artikels dadurch, daß sie das häufige Auftreten von ununterbrochenen Teilfolgen von Nullen in dem Zwischensignal, in dem die Koeffizienten seriell angeordnet sind, durch eine Huffman-Codierung ausnutzen.

Bekanntlich werden bei einer Huffman-Codierung, bei der die Codeworte unterschiedliche Länge haben, statistische Eigenschaften des zu codierenden Signales ausgenutzt. Im vorliegenden Falle heißt das insbesondere, daß untersucht wird, mit welcher Häufigkeit in dem oben erwähnten Zwischensignal Teilfolgen von Nullen mit der Länge (run-length) 1, 2, 3 usw. vorkommen. Der Teilfolge mit der größten Häufigkeit wird dann das kürzeste Huffman-Codewort zugeordnet. Der Folge mit der nächst geringeren Häufigkeit wird das nächst größere Codewort zugeordnet und sofort.

Zur Codierung des Zwischensignals werden in dem oben erwähnten Artikel zwei Huffman-Code-Tabellen benötigt. Aus einer ersten Tabelle geht hervor, wie die von Null verschiedenen (quantisierten) Koeffizienten zu codieren sind. Codiert werden nur die Beträge, weil betragsmäßig gleich große Koeffizienten auch mit der gleichen Häufigkeit vorkommen. Die Vorzeichen werden in einem gesonderten Bit übertragen. Aus einer zweiten Tabelle geht hervor, wie die run-length zu codieren ist. Damit bei der Decodierung die Codeworte der einen Tabelle von denen der anderen zu unterscheiden sind, wird für die Kennzeichnung der codierten run-lenght ein gesondertes Codewort, das sogenannte run-length prefix verwendet.

Ein verbessertes Codierungsverfahren wird in der deutschen Patentanmeldung mit dem Aktenzeichen P 36 31 252.5 angegeben. Nach dieser Anmeldung wird das zu codierende Signal in Ereignisse zerlegt, die durch eine zweidimen-

KODAK_000173

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

Bescheinigung

Die PHILIPS PATENTVERWALTUNG GMBH in 2000 Hamburg hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Verfahren zur Bitratenreduktion"

als Zusatz zur Patentanmeldung P 36 31 252.5

am 8. November 1986 beim Deutschen Patentamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die angeheftete Zusammenfassung, die der Anmeldung beizufügen, aber kein Bestandteil der Anmeldung ist, stimmt mit dem am 8. November 1986 eingereichten Original überein.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patentamt vorläufig die Symbole H 03 M 7/40, H 04 N 1/415 und H 04 N 7/133 der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

Aktenzeichen P 36 38 127.6

München, den 26. August 1987
Der Präsident des Deutschen Patentamts
Im Auftrag
Grüner

A 9161
1.82

KODAK_000174

ZUSAMMENFASSUNG

Verfahren zur Bitratenreduktion

Das beschriebene Verfahren zur Bitratenreduktion ist bei der Codierung eines Signales anwendbar, das aus einer Folge von digital dargestellten Signalwerten besteht und das einen Signalwert A enthält, der am häufigsten in ununterbrochenen Teilfolgen vorkommt. Diese Teilfolgen werden zusammen mit dem sich anschließenden Signalwert, der ebenfalls der Wert A sein darf, als Ereignisse angesehen, denen Huffman-Codeworte zuzuordnen sind.

Damit z.B. bei Videosignalen die maximale Länge der Huffman-Codeworte auf 16 Bit beschränkt bleibt, wird die Gesamtheit aller Ereignisse in zwei Bereiche eingeteilt, von denen der erste Bereich nur aus sogenannten codierbaren Ereignissen besteht. Fällt ein Ereignis z.B. in den zweiten Bereich, so wird es in Teilereignisse zerlegt, die alle im ersten Bereich liegen.

KODAK_000175

TABELLE II
(Fortsetzung 2)

PHD 86 336

Nr.	B	L	Codewort	Länge
66	0	6	00000000100101--	16
67	0	7	00000000100110--	16
68	0	8	00000000100111--	16
69	0	9	00000000101000--	16
70	0	10	00000000101001--	16
71	0	11	00000000101010--	16
72	0	12	00000000101011--	16
73	0	13	00000000101100--	16
74	0	14	00000000101101--	16
75	2	14	00000000101110s-	16
76	2	15	00000000101111s-	16
77	3	9	00000000110000s-	16
78	3	10	00000000110001s-	16
79	4	6	00000000110010s-	16
80	4	7	00000000110011s-	16
81	4	8	00000000110100s-	16
82	4	9	00000000110101s-	16
83	5	4	00000000110110s-	16
84	5	5	00000000110111s-	16
85	6	3	00000000111000s-	16
86	7	2	00000000111001s-	16
87	8	2	00000000111010s-	16

KODAK_000176

TABELLE II PHD 86 336
(Fortsetzung 1)

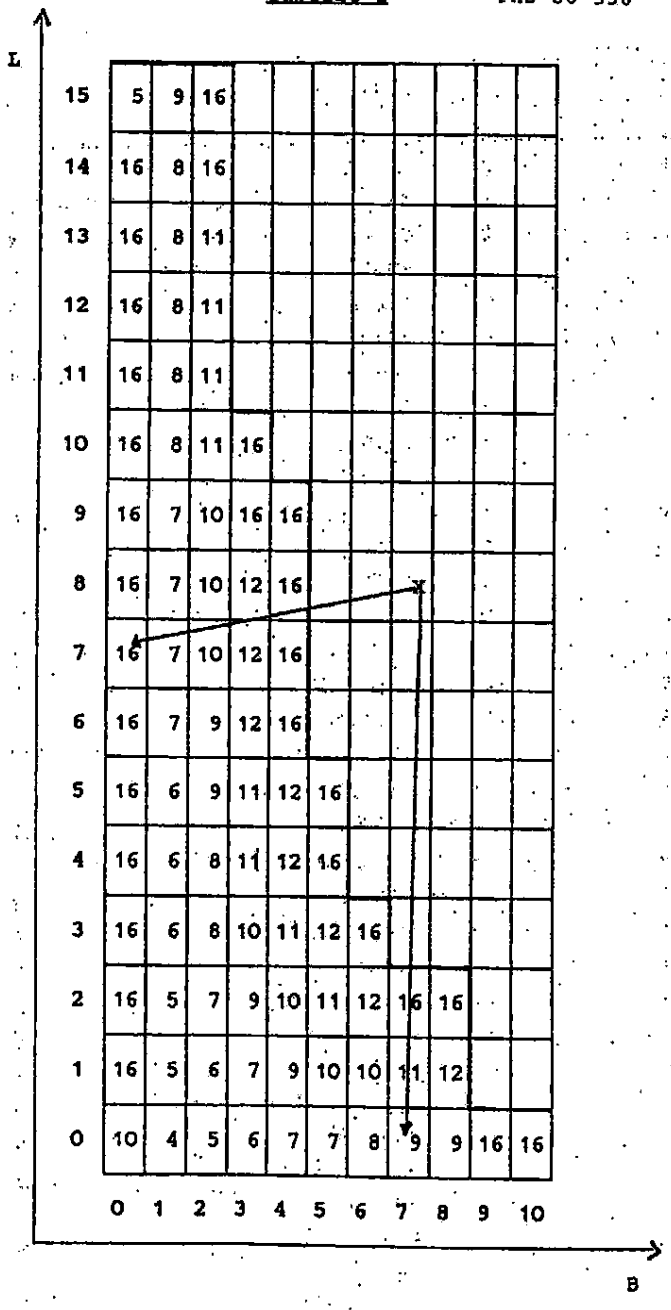
Nr.	B	L	Codewort	Länge
34	2	6	00001110s	9
35	2	7	000001000s	10
36	2	8	000001001s	10
37	2	9	000001010s	10
38	3	3	000001011s	10
39	4	2	000001100s	10
40	5	1	000001101s	10
41	6	1	000001110s	10
42	0	0	0000011111	10
43	2	10	0000011110s	11
44	3	4	0000001000s	11
45	3	5	0000001001s	11
46	4	3	0000001010s	11
47	5	2	0000001011s	11
48	7	1	0000001100s	11
49	2	11	0000001101s	11
50	2	12	0000001110s	11
51	2	13	0000001111s	11
52	3	6	00000001000s	12
53	3	7	00000001001s	12
54	3	8	00000001010s	12
55	4	4	00000001011s	12
56	4	5	00000001100s	12
57	5	3	00000001101s	12
58	6	2	00000001110s	12
59	8	1	00000001111s	12
60	9	0	00001111s+++++++	16
61	0	1	0000000100000--	16
62	0	2	0000000100001--	16
63	0	3	0000000100010--	16
64	0	4	0000000100011--	16
65	0	5	0000000100100--	16

KODAK_000177

TABELLE II PHD 86 336

Nr.	B	L	Codewort		Länge
1	-	-	11	(end of block)	2
2	1	0	010s		4
3	1	1	1000s		5
4	1	2	1001s		5
5	2	0	1010s		5
6	0	15	10110		5
7	1	3	10111s		6
8	1	4	01100s		6
9	1	5	01101s		6
10	2	1	01110s		6
11	3	0	01111s		6
12	1	6	001000s		7
13	1	7	001001s		7
14	1	8	001010s		7
15	1	9	001011s		7
16	2	2	001100s		7
17	3	1	001101s		7
18	4	0	001110s		7
19	5	0	001111s		7
20	1	10	0001000s		8
21	1	11	0001001s		8
22	1	12	0001010s		8
23	1	13	0001011s		8
24	1	14	0001100s		8
25	2	3	0001101s		8
26	2	4	0001110s		8
27	6	0	0001111s		8
28	1	15	00001000s		9
29	2	5	00001001s		9
30	3	2	00001010s		9
31	4	1	00001011s		9
32	7	0	00001100s		9
33	8	0	00001101s		9

Tabelle I PHD 86 336



KODAK_000179

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Bitratenreduktion bei der Codierung eines Signales, das aus einer Folge von digital dargestellten, endlich vielen Signalwerten besteht und das einen Signalwert A enthält, der am häufigsten in ununterbrochenen Teilfolgen vorkommt, wobei ununterbrochenen Teilfolgen von Signalwerten A mit der Länge 0, 1, 2 usw. zusammen mit dem sich den Teilfolgen anschließenden Signalwert oder zusammen mit dem den Teilfolgen vorangehenden Signalwert Huffman-Codeworte zugeordnet werden, dadurch gekennzeichnet,
daß dann, wenn eine Teilfolge von Signalwerten A zusammen mit dem vorangehenden oder sich anschließenden Signalwert eine vorgegebene Länge überschreitet, diese gesamte Wertefolge so in Abschnitte zerlegt wird, daß die Länge eines jeden Abschnittes unter einem vorgegebenen Wert liegt, und daß jedem Abschnitt ein Huffman-Codewort zugeordnet ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei dem Signal um eine Folge von Koeffizienten handelt, die sich nach der blockweisen Cosinus-Transformation von Bildpunkten eines Videosignales mit anschließender Quantisierung ergibt, und daß der Signalwert A der Wert 0 ist.

KODAK_000180

codierbaren gehören. Die nichtcodierbaren Ereignisse werden dann in codierbare zerlegt. Das angekreuzte nichtcodierbare Ereignis (8, 7) in Tabelle I wird z.B. in die Ereignisse (0, 7) und (7, 0) zerlegt. Für die Zerlegung gibt es mehrere Möglichkeiten, die einfachste ist die hier angegebene "Projektion auf die Ereignisachsen".

Die Zahlen in den Ereignisfeldern, die zu den codierbaren Ereignissen gehören, bedeuten die Länge - also die Anzahl der Bits - der Huffman-Codeworte, mit denen die Ereignisse codiert werden. Die Codeworte enthalten auch das Vorzeichen der Koeffizienten und gegebenenfalls Angaben über die Größe des Betrages B; keines von ihnen ist länger als 16 Bit. Bei der Aufstellung der Huffman-Codeworte wurde unterstellt, daß Koeffizienten mit Beträgen größer als 136 nicht vorkommen.

Tabelle II zeigt die genaue Struktur der verwendeten Huffman-Codeworte. Das erste Codewort stellt den codierten und oben schon erwähnten Signalwert zu Kennzeichnung eines Blockendes dar. Die erste Spalte der Tabelle II enthält eine laufende Nummer, die zweite Spalte den Betrag B der Koeffizienten und die dritte die Länge der Nullfolgen. Die beiden letzten Angaben zusammen ergeben die "Koordinaten" eines codierbaren Ereignisses nach Tabelle I. In der vierten Spalte der Tabelle II sind die Codeworte bitweise angegeben. Das Bit s bedeutet das Vorzeichenbit, die mit "-" versehenen Stellen sind bedeutungslos und in die mit "+" versehenen Stellen werden die codierten Beträge der Koeffizienten eingetragen, sofern sie größer als acht sind. Die letzte Spalte gibt noch einmal die Länge der Huffman-Codeworte wieder.

KODAK_000181

dieser Abschnitte wird nun als Ereignis angesehen, das durch ein Huffman-Codewort codiert wird. Die Länge eines jeden dieser Abschnitte liegt unter einem vorgebbaren Wert, auf den weiter unten eingegangen wird.

Der Versinnbildlichung dieser Zerlegung dient die Tabelle I. In waagerechter Richtung sind alle vorkommenden Beträge B - einschließlich der Betrag 0 - von Koeffizienten aufgetragen. In senkrechter Richtung ist die Länge - ebenfalls angefangen bei 0 - von ununterbrochenen Teilfolgen von Koeffizienten mit dem Betrage 0 aufgetragen.

Die eingetragenen "Ereignisfelder" symbolisieren die Ereignisse (m, n), d.h. m Nullen gefolgt von einem Koeffizenten vom Betrage n. Das Ereignis (0, 3) z.B. bedeutet, daß einem Koeffizienten vom Betrage 3 eine Teilfolge der Länge 0 vorangegangen ist, was gleichbedeutend damit ist, daß vor ihm kein Koeffizient vom Betrage 0 steht. Isoliert stehende Nullen im Signal werden durch das Ereignis (0, 0) symbolisiert. Die Angabe (3, n) u.a. bedeutet das Ereignis, daß auf drei aufeinanderfolgende Nullen ein Koeffizient vom Betrage n folgt. Da für n auch der Wert Null zugelassen ist, bedeutet das Ereignis (3, 0) vier aufeinanderfolgenden Nullen.

Die Tabelle I enthält einen fettgedruckten Polygonzug, der die Ereignisfelder in zwei Bereiche teilt. Der linke Bereich enthält die nach der Erfindung codierbaren Ereignisse, der rechte Bereich die nichtcodierbaren Ereignisse. Die maximale Länge, die ein Abschnitt von Signalwerten haben darf - er entspricht also einem codierbaren Ereignis - ist 16; es handelt sich um die Ereignisse (0, 15); (1, 15) und (2, 15). Alle anderen codierbaren Ereignisse entsprechen Signalabschnitten, die kürzer sind. Die Einteilung in codierbare und nichtcodierbare Ereignisse ist nicht völlig willkürlich; die am häufigsten auftretenden Ereignisse müssen zu den

KODAK_000182

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung enthält der Unteranspruch.

Anhand der Tabellen und anhand eines Ausführungsbeispieles soll die Erfindung näher erläutert werden. Die Tabelle I ist eine Ereignistabelle und die Tabelle II eine Codierungstabelle.

Bei dem Beispiel handelt es sich um die Codierung des bei der Verarbeitung von Videosignalen auftretenden Zwischensignales, das aus einer Folge von digital dargestellten Koeffizienten einer speziellen flächenhaften Fourier-Transformation von Bildausschnitten (Blöcken) besteht. In dem seriellen Signal kommt der Koeffizient mit dem Wert 0 am häufigsten in ununterbrochenen (endlichen) Teilfolgen des gesamten Signals vor. Die Signalwerte dieses Blockes werden durch einen gesonderten Signalwert abgeschlossen, der das Ende des Blockes (end of block) kennzeichnet.

Definiert man als zu codierendes Ereignis eine ununterbrochene Folge von m Nullen im Signal mit anschließendem Koeffizienten vom Betrage n - abgekürzt (m, n) - so ergibt sich eine endliche, aber eine sehr große zweidimensionale Manigfaltigkeit von zu codierenden Ereignissen, da in der Praxis auch nicht beliebig große Beträge B von Koeffizienten vorkommen. Folglich sind auch die zu verwendenden Huffman-Codeworte theoretisch nach Anzahl und Länge sehr groß. Zur Reduzierung der Gesamtzahl der zu codierenden Ereignisse wird beim erfindungsgemäßen Verfahren davon ausgegangen, daß z.B. eine Teilfolge von 19 Nullen mit anschließenden Koeffizienten vom Betrage 7 sich in Abschnitte zerlegen läßt, von denen der erste eine ununterbrochene Teilfolge von 16 Nullen, der zweite eine ununterbrochene Teilfolge von 3 Nullen ist und der dritte eine Teilfolge mit keiner Null und anschließendem Koeffizienten vom Betrage 7 darstellt. Jeder

KODAK_000183

Empfänger zur Decodierung ohne Informationsverlust die genaue Länge einer Nullfolge oder den genauen Betrag eines Koeffizienten wissen muß, wird an das Huffman-Codewort ein Zusatzcodewort gehängt, dem die genaue Länge oder der genaue Betrag oder beides zu entnehmen ist.

Durch das Huffman-Codewort und die Zusatzinformation wird ein scharf umrissener Sachverhalt codiert. Da die Anzahl der Bits derartiger Kombinationen ebenfalls von den statistischen Eigenschaften des Signals abhängig ist, sollen hier solche Kombinationen ebenfalls als Huffman-Codeworte bezeichnet werden, die als ganzes dem Empfänger bzw. Decodierer vorliegen müssen, damit der Sachverhalt, der ihnen zugrundeliegt eindeutig auf der Empfängerseite erkannt werden kann.

Die in diesem Sinne definierten Huffman-Codeworte können bei dem Verfahren nach der zitierten deutschen Patentanmeldung bis zu 30 Bit lang werden. Da die Verarbeitung von maximal 16 Bit langen Codeworten keine besonderen Einrichtungen erforderlich macht, sondern z.B. mit einem 16-Bit-Mikroprozessor möglich ist, liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Bitratenreduktion der eingangs genannten Art anzugeben, bei dem ohne Informationsverlust und ohne nennenswerte Vergrößerung der erforderlichen Übertragungsbitrate Huffman-Codeworte von maximal 16-Bit möglich sind.

Ausgehend von einem Verfahren der eingangs genannten Art wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß dann, wenn eine Teilfolge von Signalwerten A zusammen mit dem vorangehenden oder sich anschließenden Signalwert eine vorgegebene Länge überschreitet, diese gesamte Wertefolge so in Abschnitte zerlegt wird, daß die Länge eines jeden Abschnittes unter einem vorgegebenen Wert liegt, und daß jedem Abschnitt ein Huffman-Codewort zugeordnet ist.

KODAK_000184

sionale Tabelle versinnbildlicht sind. In einer waagerechten Richtung sind die Beträge B der Koeffizienten, angefangen beim Betrag 1, aufgetragen und in einer senkrechten Richtung die Länge L (run-length) ununterbrochener Teilfolgen von Nullen, angefangen bei der Länge 0. Jedes zusammengesetzte durch spezielle Werte von L und B gekennzeichnete Ereignisse ist durch seine relative Häufigkeit charakterisiert; aus den relativen Häufigkeiten der Ereignisse ergibt sich dann zwangsläufig, durch welche Huffman-Codeworte ein bestimmtes Ereignis, z.B. drei aufeinanderfolgende Nullen gefolgt von einem Koeffizienten mit dem Betrage 2, zu codieren ist.

Das Codierungsverfahren bewirkt eine stärkere Bitratenreduktion als das Verfahren von Chen et al., weil z.B. die Wahrscheinlichkeit des Ereignisses, bei dem drei aufeinanderfolgende Nullen mit anschließendem Koeffizienten vom Betrage 2 auftreten, verschieden ist vom Produkt der Wahrscheinlichkeit, mit der drei aufeinanderfolgende Nullen auftreten, und der Wahrscheinlichkeit, mit der ein Koeffizient vom Betrage 2 überhaupt auftritt.

Das in der erwähnten deutschen Patentanmeldung beschriebene Verfahren sieht eine Begrenzung der zweidimensionalen Ereignistabelle bzw. Codierungstabelle auf folgende Weise vor: alle Teilfolgen von Nullen mit gleich großem anschließenden Betrag eines Koeffizienten werden dann als ein Ereignis angesehen, wenn die Länge der Teilfolge von Nullen größer als acht ist; ebenso werden alle Nullfolgen gleicher Länge dann als ein Ereignis angesehen, wenn der sich anschließende Betrag eines Koeffizienten größer als acht ist.

Bei den eben aufgezählten Ereignissen handelt es sich - wie eine Tabelle in der erwähnten Patentanmeldung zeigt - um relativ seltene Ereignisse; sie werden daher mit relativ langen Huffman-Codeworten codiert. Da der

KODAK_000185

MAIL ROOM
NOV
27
1989
PAT. & TRADEMARK OFF.

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Docket No

In re Application of PHD 88-327

PETER VOGAL Group: 217

Serial No. 07/096,177 Examiner: B. Young

Filed: September 11, 1987 Batch No. V59

Title: METHOD AND APPARATUS FOR BIT RATE REDUCTION

Honorable Commissioner of Patents and Trademarks
Washington, D.C. 20231

MAILING CERTIFICATE UNDER 37 CFR 1.8(a)

Sir:

I hereby certify that this correspondence (Issue Fee) is being deposited with the United States Postal Services as first class mail in an envelope addressed to: Commissioner of Patents and Trademarks, Washington, D.C. 20231, on 11/17/89.

Michael E. Marion, Reg. 32,266
Assoc.Attorney for Applicant

(Signature)

11/17/89
(Date)

PART B - ISSUE FEE TRANSMITTAL

MA. **INSTRUCTIONS:** This form should be used for transmitting the ISSUE FEE. Blocks 2 through 6 should be completed where appropriate. All further correspondence including the Issue Fee Receipt, the Patent, advanced orders and notification of maintenance fees will be mailed to addressee entered in Block 1 unless you direct otherwise, by: (a) specifying a new correspondence address in Block 3 below; or (b) providing the PTO with a separate "FEE ADDRESS" for maintenance fee notifications with the payment of Issue Fee or thereafter. **See reverse for Certificate of Mailing.**

MAIL ROOM NOV 27 1989 PAT. & TRADEMARK OFF.

1. CORRESPONDENCE ADDRESS	2. INVENTOR(S) ADDRESS CHANGE (Complete only if there is a change)
THOMAS A. BRTDDY U.S. PHILIPS CORPORATION 580 WHITE PLAINS ROAD TARRYTOWN, NEW YORK 10591	INVENTOR'S NAME Street Address City, State and ZIP Code CO-INVENTOR'S NAME Street Address City, State and ZIP Code ☐ Check if additional changes are on reverse side

SERIES CODE/SERIAL NO.	FILING DATE	GROUP ART UNIT	EXAMINER AND GROUP ART UNIT	DATE MAILED
07/096,177	09/[illegible]/87	113	YOUNG, R 217	08/28/89

First Named Applicant VOGEL, PETER

TITLE OF INVENTION METHOD AND APPARATUS FOR BIT RATE REDUCTION (AS AMENDED)

	ATTY'S DOCKET NO.	CLASS-SUBCLASS	BATCH NO.	APPLN. TYPE	SMALL ENTITY	FEE DUE	DATE DUE
2	PHD 84-327	341-063.000	V59	UTILITY	NO	$620.00	11/28/89

3. Further correspondence to be mailed to the following:

U. S. Philips Corporation
580 White Plains Road
Tarrytown, NY 10591

4. For printing on the patent front page, list the names of not more than 3 registered patent attorneys or agents OR alternatively, the name of a firm having as a member a registered attorney or agent. If no name is listed, no name will be printed.

1 Michael E. Marion
2
3

DO NOT USE THIS SPACE

S 20337 11/30/89 07096177 14-1270 020 142 620.00CH
S 20338 11/30/89 07096177 14-1270 020 501 15.00CH

5. ASSIGNMENT DATA TO BE PRINTED ON THE PATENT (print or type)

(1) NAME OF ASSIGNEE:
U. S. Philips Corporation

(2) ADDRESS: (City & State or Country)
100 East 42nd Street, New York, NY 10017

(3) STATE OF INCORPORATION, IF ASSIGNEE IS A CORPORATION
Delaware

A. ☐ This application is NOT assigned.

☒ Assignment previously submitted to the Patent and Trademark Office.

☐ Assignment is being submitted under separate cover. Assignments should be directed to Box ASSIGNMENTS.

PLEASE NOTE: Unless an assignee is identified in Block 5, no assignee data will appear on the patent. Inclusion of assignee data is only appropriate when an assignment has been previously submitted to the PTO or is being submitted under separate cover. Completion of this form is NOT a substitute for filing an assignment.

6a. The following fees are enclosed:
☐ Issue Fee ☐ Advanced Order - # of Copies _____ (Minimum of 10)

6b. The following fees should be charged to:
DEPOSIT ACCOUNT NUMBER 14-1270 (Enclose Part C)
☒ Issue Fee ☒ Advanced Order - # of Copies 10 (Minimum of 10)
☐ Any Deficiencies in Enclosed Fees

The COMMISSIONER OF PATENTS AND TRADEMARKS is requested to apply the Issue Fee to the application identified above.

(Signature of party in interest of record) Michael E. Marion (Date) 11/17/89

NOTE: The Issue Fee will not be accepted from anyone other than the applicant; a registered attorney or agent; or the assignee or other party in interest as shown by the records of the Patent and Trademark Office.

TRANSMIT THIS FORM WITH FEE-CERTIFICATE OF MAILING ON REVERSE

PTOL-85B (REV 12-88)(OMB Clearance is pending)

Certificate of Mailing

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to:

Box ISSUE FEE
Commissioner of Patents and Trademarks
Washington, D.C. 20231

on _____
(Date)

_____
(Name of person making deposit)

_____
(Signature)

_____
(Date)

Note: If this certificate of mailing is used, it can only be used to transmit the Issue Fee. This certificate cannot be used for any other accompanying papers. Each additional paper, such as an assignment or formal drawings, must have its own certificate of mailing.

This form is estimated to take 20 minutes to complete. Time will vary depending upon the needs of the individual applicant. Any comments on the amount of time you require to complete this form should be sent to the Office of Management and Organization, Patent and Trademark Office, Washington, D.C. 20231 and to the Office of Information and Regulatory Affairs, Office of Management and Budget, Washington, D.C. 20503.

REVERSE PTOL-85B (REV 12-88)(OMB Clearance is pending)

DOCKET NO. PHD86327 DIV. IIA SER. NO. 096,177
TRADEMARK

PLEASE DATE STAMP AND RETURN TO
ACKNOWLEDGE RECEIPT OF NOTED DOCUMENTS

PRIORITY DOCUMENTS P3631252.5,
P3638127.6 AND P3717399.5

New Application	☐	Amendment	☐
No. Pages Spec. (including claims)		Issue Fee	☐
		Notice of Appeal	☑
Con. Doc.	☐	Extension	☐
Drawings Inf.	☐	Mailing Cert.	☐
No. Sh. For.	☐	Assignment	☐
Power of Att.	☐	Missing Decl	☐

MLG. Date 11-2-87 pv

MAIL ROOM NOV 4 1987 PAT & TRADEMARK OFF.

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE
Patent and Trademark Office

Address: COMMISSIONER OF PATENTS AND TRADEMARKS
Washington, D.C. 20231

SERIAL NUMBER	FILING DATE	FIRST NAMED APPLICANT		ATTORNEY DOCKET NO.
07/096,177	09/11/87	VOGEL	P	PHD 86,327

THOMAS A. BRIODY
U.S. PHILIPS CORPORATION
580 WHITE PLAINS ROAD
TARRYTOWN, NEW YORK 10591

EXAMINER	
YOUNG, B	
ART UNIT	PAPER NUMBER
217	14

DATE MAILED: 12/12/89

PRIORITY ACKNOWLEDGMENT

☑ 1. Receipt is acknowledged of papers submitted under 35 U.S.C. 119. The papers have been placed of record in the file.

☐ 2. Applicant's claim for priority, based on papers filed in parent application Serial No. _____ submitted under 35 U.S.C. 119, is acknowledged.

☐ 3. The priority papers, submitted _____, are not acknowledged since they were filed later than the date on which the issue fee was paid. To have the priority papers considered for entry, a petition must be filed in accordance with 37 CFR 1.55(b) requesting their entry together with the fee set forth in 37 CFR 1.17(i).

FOR P. W. Hayden
Manager, Publishing Division
Office of Publications

Form PTOL-147 (Rev.10-83)

PTO-875 (Rev. 1-86)

U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE
PATENT AND TRADEMARK OFFICE

PATENT APPLICATION FEE DETERMINATION RECORD

SERIAL NO	FILING DATE
096177	9-11-87
APPLICANT (FIRST NAMED)	
Vogl	

CLAIMS AS FILED - PART I

	NO. FILED	NO. EXTRA
BASIC FEE		
TOTAL CLAIMS	10 -20=	*
INDEP. CLAIMS	1 -3=	*
MULTIPLE DEPENDENT CLAIM PRESENT		

* If the difference in col. 1 is less than zero, enter "0" in col. 2

	SMALL ENTITY RATE	SMALL ENTITY FEE		OTHER THAN A SMALL ENTITY RATE	OTHER THAN A SMALL ENTITY FEE
BASIC FEE		$170	OR		$340
TOTAL CLAIMS	X9=	$	OR	X18=	$
INDEP. CLAIMS	X17=	$	OR	X34=	$
MULTIPLE DEPENDENT CLAIM PRESENT	X55=	$	OR	X110	$
	TOTAL	$	OR	TOTAL	$340

CLAIMS AS AMENDED - PART II

AMENDMENT A

	(1) CLAIMS REMAINING AFTER AMENDMENT		(2) HIGHEST NO. PREVIOUSLY PAID FOR	(3) PRESENT EXTRA
TOTAL	* 10	MINUS	** 20	-
INDEP.	* 1	MINUS	*** 3	-
FIRST PRESENTATION OF MULTIPLE DEP. CLAIM				

	SMALL ENTITY RATE	SMALL ENTITY ADDIT. FEE		OTHER THAN A SMALL ENTITY RATE	OTHER THAN A SMALL ENTITY ADDIT. FEE
	X5	$	OR	X10	$
	X15	$	OR	X30	$
	X50	$	OR	X100	$
	TOTAL ADDIT. FEE	$	OR	TOTAL	$

AMENDMENT B

	CLAIMS REMAINING AFTER AMENDMENT		HIGHEST NO. PREVIOUSLY PAID FOR	PRESENT EXTRA
TOTAL	* 14	MINUS	** 20	-
INDEP	* 3	MINUS	*** 3	-
FIRST PRESENTATION OF MULTIPLE DEP. CLAIM				

	RATE	ADDIT FEE		RATE	ADDIT FEE
	X5	$	OR	X10	$
	X15	$	OR	X30	$
	X50	$	OR	X100	$
	TOTAL ADDIT. FEE	$	OR	TOTAL	$

AMENDMENT C

	CLAIMS REMAINING AFTER AMENDMENT		HIGHEST NO. PREVIOUSLY PAID FOR	PRESENT EXTRA
TOTAL	* 13	MINUS	** 20	-
INDEP	* 3	MINUS	*** 3	- 2
FIRST PRESENTATION OF MULTIPLE DEP. CLAIM				

	RATE	ADDIT. FEE		RATE	ADDIT FEE
	X5	$	OR	X10	$
	X15	$	OR	X30	$ 72.00
	X50	$	OR	X100	$
	TOTAL ADDIT. FEE	$	OR	TOTAL	$

* If the entry in Col. 1 is less than the entry in Col. 2, write "0" in Col. 3

** If the "Highest No. Previously Paid For" IN THIS SPACE is less than 20, enter "20".

*** If the "Highest No. Previously Paid For" IN THIS SPACE is less than 3, enter "3".

The "Highest No. Previously Paid For" (Total or Indep.) is the highest number found in the appropriate box in Col. 1.

'87 09/08 09:27

096177

83

L									
≥9	1253	55	5	4	0	0	0	0	0
8	252	16	1	1	1	0	1	0	0
7	316	35	6	0	1	0	0	0	0
6	389	35	5	0	0	0	0	0	0
5	516	65	12	3	3	1	2	0	1
4	567	94	29	9	1	2	1	0	0
3	791	118	29	11	2	2	1	0	0
2	1095	216	54	22	9	3	0	1	2
1	1786	510	176	77	28	20	8	8	16
0	3635	1379	635	302	164	96	57	37	173
	1	2	3	4	5	6	7	8	≥9

B

FIG. 1

1-V-PHD 86-327 C


MAIL ROOM
SEP
11
2007
PAT. & TRADEMARK OFF.

ADDENDUM OFF.

096177

'87 09/08 09:27

04

2/5

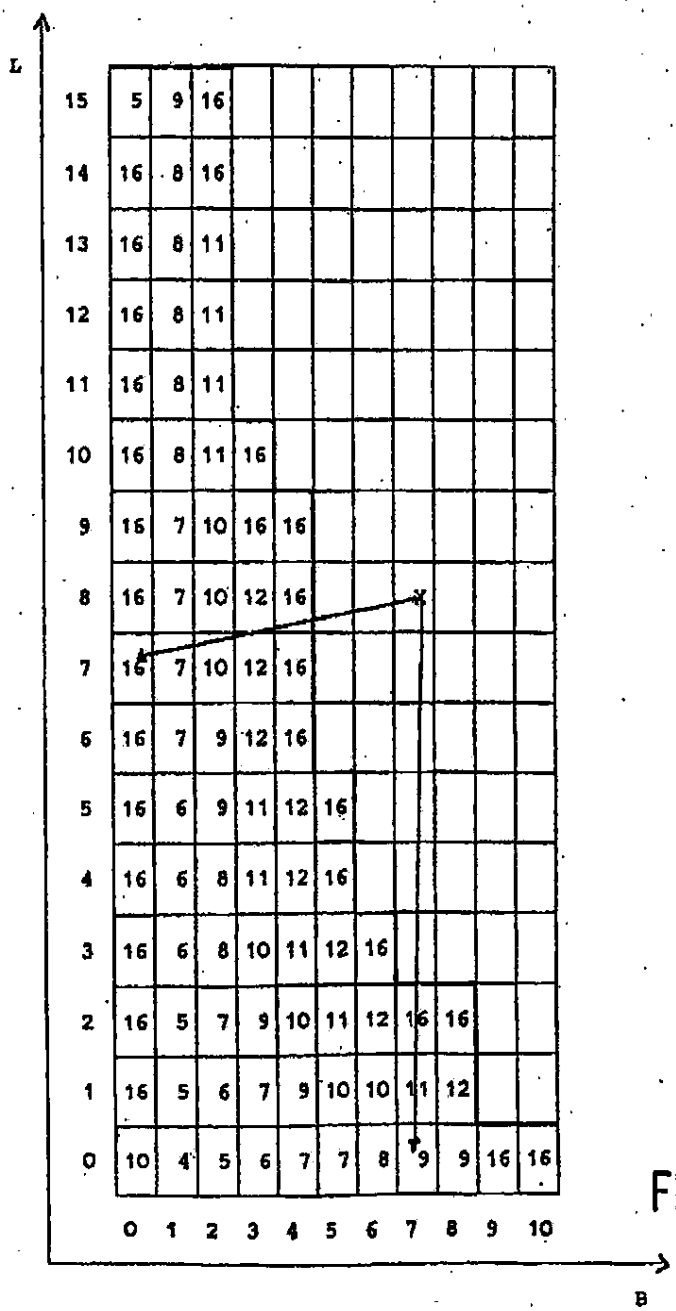


FIG. 2

2-V-PHD 86-327C


MAIL ROOM
SEP
11
1987
PAT. & TRADEMARK OFF.

'87 09/08 89:27

096177

3/5

Nr.	B	L	code word		length
1	-	-	11	(end of block)	2
2	1	0	010s		4
3	1	1	1000s		5
4	1	2	1001s		5
5	2	0	1010s		5
6	0	15	10110		5
7	1	3	10111s		6
8	1	4	01100s		6
9	1	5	01101s		6
10	2	1	01110s		6
11	3	0	01111s		6
12	1	6	001000s		7
13	1	7	001001s		7
14	1	8	001010s		7
15	1	9	001011s		7
16	2	2	001100s		7
17	3	1	001101s		7
18	4	0	001110s		7
19	5	0	001111s		7
20	1	10	0001000s		8
21	1	11	0001001s		8
22	1	12	0001010s		8
23	1	13	0001011s		8
24	1	14	0001100s		8
25	2	3	0001101s		8
26	2	4	0001110s		8
27	6	0	0001111s		8
28	1	15	00001000s		9
29	2	5	00001001s		9
30	3	2	00001010s		9
31	4	1	00001011s		9
32	7	0	00001100s		9
33	8	0	00001101s		9

FIG. 3

3-V-PHD 86-327C


MAIL ROOM
SEP
1
2887
PAT & TRADEMARK OFF.

GERMAN OFF.

'87 09/08 09:28

096177

4/5

Nr.	B	L	code word	length
34	2	6	00001110s	9
35	2	7	000001000s	10
36	2	8	000001001s	10
37	2	9	000001010s	10
38	3	3	000001011s	10
39	4	2	000001100s	10
40	5	1	000001101s	10
41	6	1	000001110s	10
42	0	0	0000011111	10
43	2	10	0000011110s	11
44	3	4	0000001000s	11
45	3	5	0000001001s	11
46	4	3	0000001010s	11
47	5	2	0000001011s	11
48	7	1	0000001100s	11
49	2	11	0000001101s	11
50	2	12	0000001110s	11
51	2	13	0000001111s	11
52	3	6	00000001000s	12
53	3	7	00000001001s	12
54	3	8	00000001010s	12
55	4	4	00000001011s	12
56	4	5	00000001100s	12
57	5	3	00000001101s	12
58	6	2	00000001110s	12
59	8	1	00000001111s	12
60	9	0	00001111s+++++++	16
61	0	1	00000000100000--	16
62	0	2	00000000100001--	16
63	0	3	00000000100010--	16
64	0	4	00000000100011--	16
65	0	5	00000000100100--	16

FIG. 4

4-V-PHD 86-327C


MAIL ROOM
SEP
17
1987
PAT. & TRADEMARK OFF.

'87 09/08 09:28

096177 07

5/5

Nr.	B	L	code word	length
66	0	6	00000000100101--	16
67	0	7	00000000100110--	16
68	0	8	00000000100111--	16
69	0	9	00000000101000--	16
70	0	10	00000000101001--	16
71	0	11	00000000101010--	16
72	0	12	00000000101011--	16
73	0	13	00000000101100--	16
74	0	14	00000000101101--	16
75	2	14	00000000101110s-	16
76	2	15	00000000101111s-	16
77	3	9	00000000110000s-	16
78	3	10	00000000110001s-	16
79	4	6	00000000110010s-	16
80	4	7	00000000110011s-	16
81	4	8	00000000110100s-	16
82	4	9	00000000110101s-	16
83	5	4	00000000110110s-	16
84	5	5	00000000110111s-	16
85	6	3	00000000111000s-	16
86	7	2	00000000111001s-	16
87	8	2	00000000111010s-	16

FIG. 5

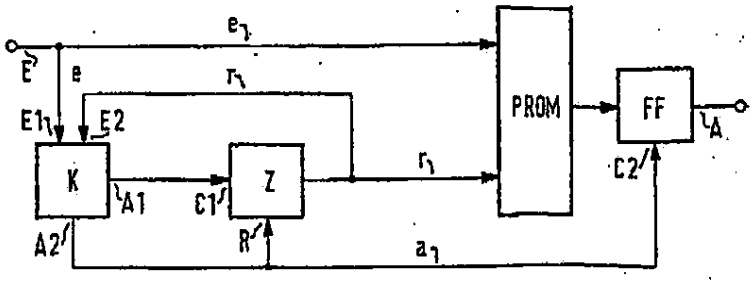


FIG.6

5-V-PHD 86-327C


MAIL ROOM
SEP
1987
PAT. & TRADEMARK OFF.

'87 09/08 09:27

096177 83

L \ B	1	2	3	4	5	6	7	8	≥9
≥9	1253	55	5	4	0	0	0	0	0
8	252	16	1	1	1	0	1	0	0
7	316	35	6	0	1	0	0	0	0
6	389	35	5	0	0	0	0	0	0
5	516	65	12	3	3	1	2	0	1
4	567	94	29	9	1	2	1	0	0
3	791	118	29	11	2	2	1	0	0
2	1095	216	54	22	9	3	0	1	2
1	1786	510	176	77	28	20	8	8	16
0	3635	1379	635	302	164	96	57	37	173

FIG. 1

1-V-PHO 86-327 C


MAIL ROOM
SEP
11
2007
PAT. & TRADEMARK OFF.

'97 09/08 09:27

096177

2/5

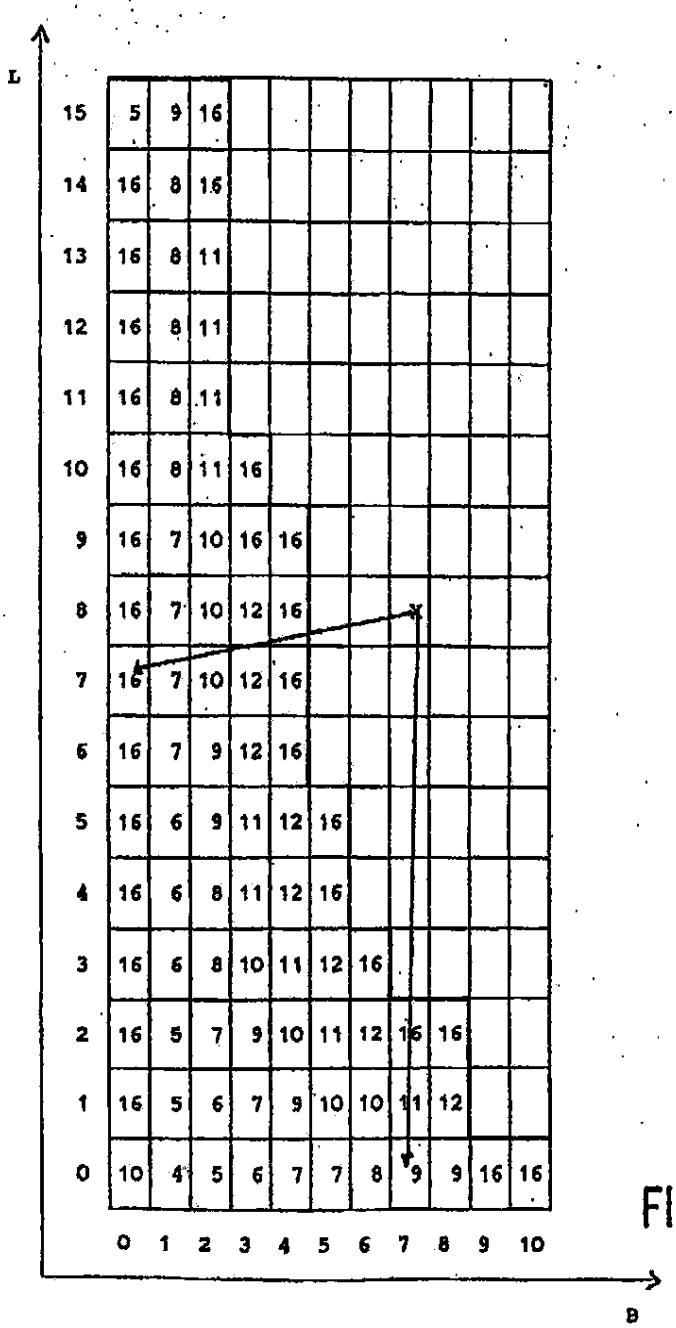


FIG. 2

2-V-PHD 86-327C


MAIL ROOM
SEP 11 1987
PAT. & TRADEMARK OFF.

'87 89/08 89:27

096177
85

3/5

Nr.	B	L	code word		length
1	-	-	11	(end of block)	2
2	1	0	010s		4
3	1	1	1000s		5
4	1	2	1001s		5
5	2	0	1010s		5
6	0	15	10110		5
7	1	3	10111s		6
8	1	4	01100s		6
9	1	5	01101s		6
10	2	1	01110s		6
11	3	0	01111s		6
12	1	6	001000s		7
13	1	7	001001s		7
14	1	8	001010s		7
15	1	9	001011s		7
16	2	2	001100s		7
17	3	1	001101s		7
18	4	0	001110s		7
19	5	0	001111s		7
20	1	10	0001000s		8
21	1	11	0001001s		8
22	1	12	0001010s		8
23	1	13	0001011s		8
24	1	14	0001100s		8
25	2	3	0001101s		8
26	2	4	0001110s		8
27	6	0	0001111s		8
28	1	15	00001000s		9
29	2	5	00001001s		9
30	3	2	00001010s		9
31	4	1	00001011s		9
32	7	0	00001100s		9
33	8	0	00001101s		9

FIG. 3

3-V-PHD 86-327 C


MAIL ROOM
SEP
1982
PAT. & TRADEMARK OFF.

'87 09/08 09:28 096177 86

4/5

Nr.	B	L	code word	length
34	2	6	00001110s	9
35	2	7	000001000s	10
36	2	8	000001001s	10
37	2	9	000001010s	10
38	3	3	000001011s	10
39	4	2	000001100s	10
40	5	1	000001101s	10
41	6	1	000001110s	10
42	0	0	0000011111	10
43	2	10	0000011110s	11
44	3	4	0000001000s	11
45	3	5	0000001001s	11
46	4	3	0000001010s	11
47	5	2	0000001011s	11
48	7	1	0000001100s	11
49	2	11	0000001101s	11
50	2	12	0000001110s	11
51	2	13	0000001111s	11
52	3	6	00000001000s	12
53	3	7	00000001001s	12
54	3	8	00000001010s	12
55	4	4	00000001011s	12
56	4	5	00000001100s	12
57	5	3	00000001101s	12
58	6	2	00000001110s	12
59	8	1	00000001111s	12
60	9	0	00001111s+++++++	16
61	0	1	00000000100000--	16
62	0	2	00000000100001--	16
63	0	3	00000000100010--	16
64	0	4	00000000100011--	16
65	0	5	00000000100100--	16

FIG. 4

4-V-PHD 86-327C


MAIL ROOM
SEP
11
1987
PAT & TRADEMARK OFF.

096177

'87 09/08 09:28 87

5/5

Nr.	B	L	code word	length
66	0	6	00000000100101--	16
67	0	7	00000000100110--	16
68	0	8	00000000100111--	16
69	0	9	00000000101000--	16
70	0	10	00000000101001--	16
71	0	11	00000000101010--	16
72	0	12	00000000101011--	16
73	0	13	00000000101100--	16
74	0	14	00000000101101--	16
75	2	14	00000000101110s-	16
76	2	15	00000000101111s-	16
77	3	9	00000000110000s-	16
78	3	10	00000000110001s-	16
79	4	6	00000000110010s-	16
80	4	7	00000000110011s-	16
81	4	8	00000000110100s-	16
82	4	9	00000000110101s-	16
83	5	4	00000000110110s-	16
84	5	5	00000000110111s-	16
85	6	3	00000000111000s-	16
86	7	2	00000000111001s-	16
87	8	2	00000000111010s-	16

FIG. 5

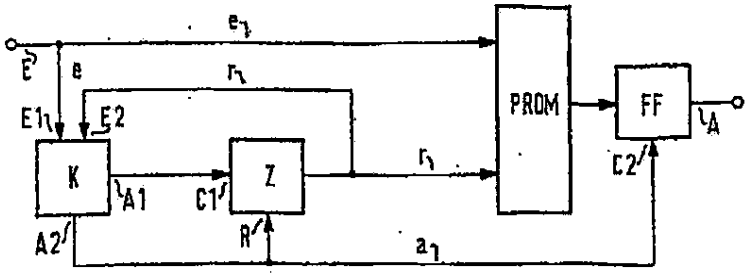


FIG.6

5-V-PHD 86-327 C


MAIL ROOM
SEP
1987
PAT. & TRADEMARK OFF.

19.2.2	Cross Reference Subclass	261.1
20.	International Class Type	4
21.1.1	International Class	H03M
21.2.1	International Subclass	7/46
22.1.1	Field of Search Class	340
22.2.1	Field of Search Subclass	347 DD
22.1.2	Field of Search Class	358
22.2.2	Field of Search Subclass	13;136;138;261.2;261.3;261.4;263;261.1
22.1.3	Field of Search Class	341
22.2.3	Field of Search Subclass	63;106
22.1.4	Field of Search Class	375
22.2.4	Field of Search Subclass	25
23.	Print Claim Number	1
24.	Total Claims	13
26.1.1	Line 1 Address	U. S. Philips Corporation
26.2.1	Line 2 Address	580 White Plains Road
26.3.1	Line 3 Address	Tarrytown, NY 10591
27.1.1	Attorney	Marion, Michael E.
28.	Number of Extra Copies	10
29.1.1	Assignee Name	U. S. Philips Corporation
29.2.1	Assignee Code	02
29.3.1	Assignee City	New York
29.4.1	Assignee State	NY
30.1.1	Inventor Name	Vogel, Peter
30.3.1	Inventor City	Diepersdorf
30.5.1	Inventor Country/Zip	DEX
32.1.1	U.S. Patent Number	4,316,222
32.2.1	U.S. Patent Date	02/00/1982
32.3.1	U.S. Patentee Name	Subramaniam
32.4.1	U.S. Patent Class	358

32.5.1	U.S. Patent Subclass	261.4
32.1.2	U.S. Patent Number	4,698,672
32.2.2	U.S. Patent Date	10/00/1987
32.3.2	U.S. Patentee Name	Chen et al.
32.4.2	U.S. Patent Class	358
32.5.2	U.S. Patent Subclass	136
32.1.3	U.S. Patent Number	4,101,934
32.2.3	U.S. Patent Date	07/00/1978
32.3.3	U.S. Patentee Name	Fukuoka
32.4.3	U.S. Patent Class	341
32.5.3	U.S. Patent Subclass	63
32.1.4	U.S. Patent Number	4,394,774
32.2.4	U.S. Patent Date	07/00/1983
32.3.4	U.S. Patentee Name	Widergren et al.
32.4.4	U.S. Patent Class	340
32.5.4	U.S. Patent Subclass	347 DD
35.	Abstract Code	1

36. Abstract

A method and apparatus for coding a signal for transmission in order to achieve improved reduction in the bit rate. A signal is a transform coded in order to form a sequence of zero coefficients and non-zero coefficients, and run lengths of zero coefficients together with preceding or subsequent non-zero coefficients are grouped as events and coded.

Header Proof Print - m:1 12/28/8 11:15:03

1.	Patent Number	049010754
2.	Application Type	1
3.	Issue Date	02/13/90
4.	Serial Number	7096177
5.	Filing Date	09/11/87
6.1.1	Foreign Priority Ctry. Code	DEX
6.2.1	Priority Date	09/13/86
6.3.1	Priority Application Number	3631252
6.1.2	Foreign Priority Ctry. Code	DEX
6.2.2	Priority Date	11/08/86
6.3.2	Priority Application Number	3638127
6.1.3	Foreign Priority Ctry. Code	DEX
6.2.3	Priority Date	05/23/87
6.3.3	Priority Application Number	3717399
7.	State/Country Number	084
8.	Title	Method and apparatus for bit rate reduction
9.	Entity	LR
11.	Assistant Examiner	Young, Brian
12.	Primary Examiner	Shoop, Jr., William M.
13.	Number of Sheets	5
14.	Number of Figures	6
16.	Date Fee Paid	11/27/89
17.	Class/Subclass	341/63
18.	Group Art Unit Number	217
19.1.1	Cross Reference Class	341
19.2.1	Cross Reference Subclass	59
19.1.2	Cross Reference Class	358

PTO UTILITY GRANT
Paper Number 15

The United States of America

The Commissioner of Patents and Trademarks

Has received an application for a patent for a new and useful invention. The title and description of the invention are enclosed. The requirements of law have been complied with, and it has been determined that a patent on the invention shall be granted under the law.

Therefore, this

United States Patent

Grants to the person or persons having title to this patent the right to exclude others from making, using or selling the invention throughout the United States of America for the term of seventeen years from the date of this patent, subject to the payment of maintenance fees as provided by law.

PATENT AND TRADEMARK OFFICE * UNITED STATES OF AMERICA *

Acting Commissioner of Patents and Trademarks

Attest

United States Patent [19]

Vogel

[11] **Patent Number: 4,901,075**

[45] **Date of Patent: Feb. 13, 1990**

[54] **METHOD AND APPARATUS FOR BIT RATE REDUCTION**

[75] Inventor: **Peter Vogel, Diepersdorf, Fed. Rep. of Germany**

[73] Assignee: **U. S. Philips Corporation, New York, N.Y.**

[21] Appl. No.: **96,177**

[22] Filed: **Sep. 11, 1987**

[30] **Foreign Application Priority Data**

Sep. 13, 1986 [DE] Fed. Rep. of Germany 3631252
Nov. 8, 1986 [DE] Fed. Rep. of Germany 3638127
May 23, 1987 [DE] Fed. Rep. of Germany 3717399

[51] Int. Cl.[4] H03M 7/46
[52] U.S. Cl. 341/63; 341/59; 358/261.1
[58] Field of Search ..... 340/347 DD; 358/13, 358/136, 138, 261.2, 261.3, 261.4, 263, 261.1; 341/63, 106; 375/25

[56] **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

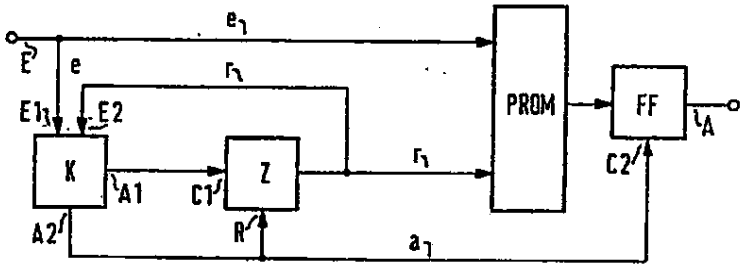
4,101,934 7/1978 Fukuoka 341/63
4,316,222 2/1982 Subramaniam 358/261.4
4,394,774 7/1983 Widergren et al. ..... 340/347 DD
4,698,672 10/1987 Chen et al. 358/136

Primary Examiner—William M. Shoop, Jr.
Assistant Examiner—Brian K. Young
Attorney, Agent, or Firm—Michael E. Marion

[57] **ABSTRACT**

A method and apparatus for coding a signal for transmission in order to achieve improved reduction in the bit rate. A signal is a transform coded in order to form a sequence of zero coefficients and non-zero coefficients, and run lengths of zero coefficients together with preceding or subsequent non-zero coefficients are grouped as events and coded.

13 Claims, 5 Drawing Sheets



KODAK_000216

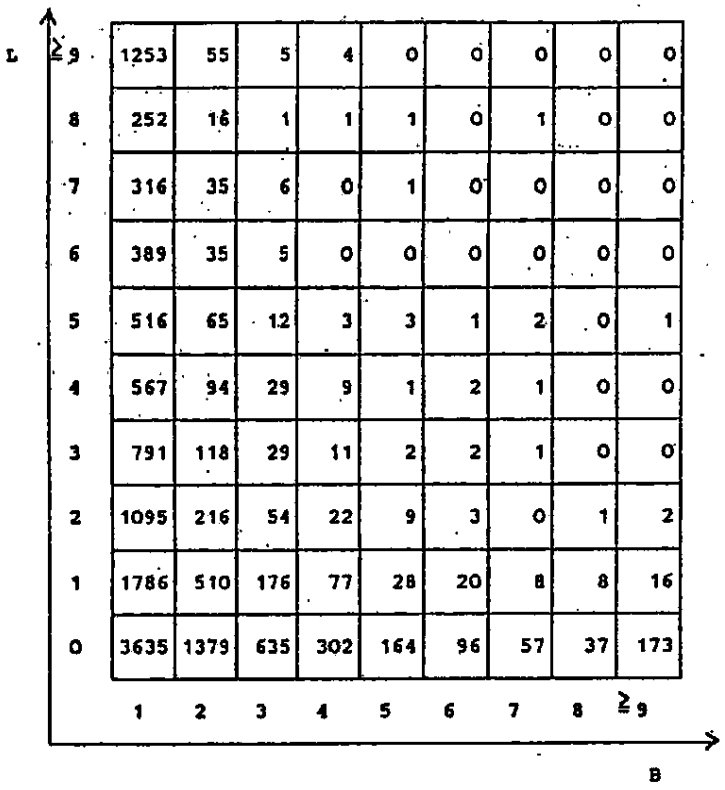

L
≥9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
1253 55 5 4 0 0 0 0 0
252 16 1 1 1 0 1 0 0
316 35 6 0 1 0 0 0 0
389 35 5 0 0 0 0 0 0
516 65 12 3 3 1 2 0 1
567 94 29 9 1 2 1 0 0
791 118 29 11 2 2 1 0 0
1095 216 54 22 9 3 0 1 2
1786 510 176 77 28 20 8 8 16
3635 1379 635 302 164 96 57 37 173
1 2 3 4 5 6 7 8 ≥9
B

FIG. 1

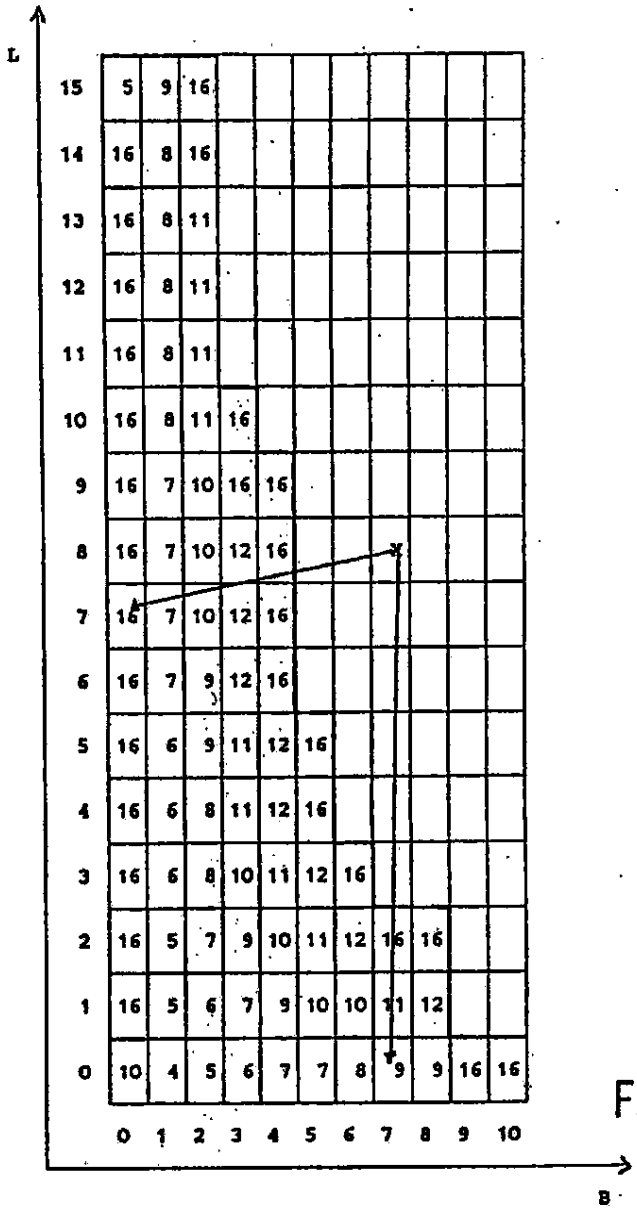

L
B
15 5 9 16
14 16 8 16
13 16 8 11
12 16 8 11
11 16 8 11
10 16 8 11 16
9 16 7 10 16 16
8 16 7 10 12 16
7 16 7 10 12 16
6 16 7 9 12 16
5 16 6 9 11 12 16
4 16 6 8 11 12 16
3 16 6 8 10 11 12 16
2 16 5 7 9 10 11 12 16 16
1 16 5 6 7 9 10 10 11 12
0 10 4 5 6 7 7 8 9 9 16 16
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

FIG. 2

Nr.	B	L	code word		length
1	-	-	11	(end of block)	2
2	1	0	010s		4
3	1	1	1000s		5
4	1	2	1001s		5
5	2	0	1010s		5
6	0	15	10110		5
7	1	3	10111s		6
8	1	4	01100s		6
9	1	5	01101s		6
10	2	1	01110s		6
11	3	0	01111s		6
12	1	6	001000s		7
13	1	7	001001s		7
14	1	8	001010s		7
15	1	9	001011s		7
16	2	2	001100s		7
17	3	1	001101s		7
18	4	0	001110s		7
19	5	0	001111s		7
20	1	10	0001000s		8
21	1	11	0001001s		8
22	1	12	0001010s		8
23	1	13	0001011s		8
24	1	14	0001100s		8
25	2	3	0001101s		8
26	2	4	0001110s		8
27	6	0	0001111s		8
28	1	15	00001000s		9
29	2	5	00001001s		9
30	3	2	00001010s		9
31	4	1	00001011s		9
32	7	0	00001100s		9
33	8	0	00001101s		9

FIG. 3

Nr.	B	L	code word	length
34	2	6	00001110s	9
35	2	7	000001000s	10
36	2	8	000001001s	10
37	2	9	000001010s	10
38	3	3	000001011s	10
39	4	2	000001100s	10
40	5	1	000001101s	10
41	6	1	000001110s	10
42	0	0	0000011111	10
43	2	10	0000011110s	11
44	3	4	0000001000s	11
45	3	5	0000001001s	11
46	4	3	0000001010s	11
47	5	2	0000001011s	11
48	7	1	0000001100s	11
49	2	11	0000001101s	11
50	2	12	0000001110s	11
51	2	13	0000001111s	11
52	3	6	00000001000s	12
53	3	7	00000001001s	12
54	3	8	00000001010s	12
55	4	4	00000001011s	12
56	4	5	00000001100s	12
57	5	3	00000001101s	12
58	6	2	00000001110s	12
59	8	1	00000001111s	12
60	9	0	00001111s+++++++	16
61	0	1	00000000100000--	16
62	0	2	00000000100001--	16
63	0	3	00000000100010--	16
64	0	4	00000000100011--	16
65	0	5	00000000100100--	16

FIG. 4

Nr.	B	L	code word	length
66	0	6	00000000100101--	16
67	0	7	00000000100110--	16
68	0	8	00000000100111--	16
69	0	9	00000000101000--	16
70	0	10	00000000101001--	16
71	0	11	00000000101010--	16
72	0	12	00000000101011--	16
73	0	13	00000000101100--	16
74	0	14	00000000101101--	16
75	2	14	00000000101110s-	16
76	2	15	00000000101111s-	16
77	3	9	00000000110000s-	16
78	3	10	00000000110001s-	16
79	4	6	00000000110010s-	16
80	4	7	00000000110011s-	16
81	4	8	00000000110100s-	16
82	4	9	00000000110101s-	16
83	5	4	00000000110110s-	16
84	5	5	00000000110111s-	16
85	6	3	00000000111000s-	16
86	7	2	00000000111001s-	16
87	8	2	00000000111010s-	16

FIG. 5

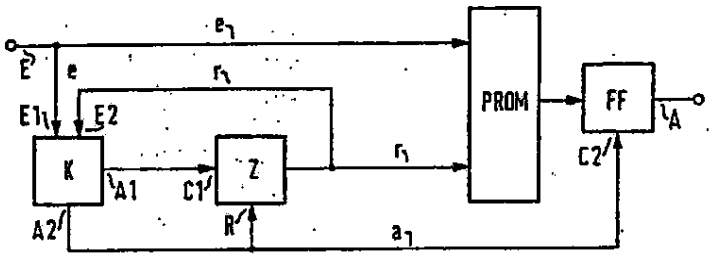


FIG.6

METHOD AND APPARATUS FOR BIT RATE REDUCTION

BACKGROUND OF THE INVENTION

The invention relates to a method of and a circuit arrangement for bit rate reduction. Bit rate reduction is carried out when coding a signal, which comprises a series of digital signal values and has a signal value A, occurring most frequently in runs.

An Article by Wen-Hsiung Chen and William K. Pratt (Chen, Wlien-Hsiung and Pratt, William K.; Scene Adaptive Coder IEEE Transactions on Communications, vol. Com-32, No. 3, March 1984, pages 225–232) describes a coding process of video signals for the purpose of transmitting video pictures of satisfactory quality at a minimum possible bit rate. Coding is effected in several steps. First, equally large video picture sections which are represented by blocks of pixels are subjected to a Discrete Cosine Transform. In this transform process, a special two-dimensional Fourier transform is used. By the transform, a new block of values (coefficients) is obtained from the original block. This coefficient block has the property that a large number of its elements—thus a large number of the coefficients—are approximately 0 or exactly 0. A subsequent quantization of the coefficients always renders the greater part of the elements 0 so that a subsequent Huffman coding would therefore already involve a considerable bit rate reduction. The authors of the above-mentioned Article achieve a further bit rate reduction in that the frequent occurrence of zero runs in the intermediate signal in which the coefficients are serially arranged is utilized by means of a Huffman coding.

It is known that in a Huffman coding in which the codewords have different lengths, statistic properties of the signal to be coded are utilized. In the present case this particularly implies that the frequency with which zero runs having lengths 1, 2, 3, etc. occur in the above-mentioned intermediate signal is investigated. The shortest Huffman codeword is then assigned to the run that occurs most frequently. The next larger codeword is assigned to the run that occurs less frequently, and so forth.

For coding the intermediate signal two Huffman code tables are required according to the above-mentioned Article. A first table shows how the (quantized) coefficients different from 0 are to be coded. Only the coefficient values are coded because equally large coefficients also occur at the same frequency. The signs are transmitted in a separate bit. A second table shows how the run length is to be coded. In order that the codewords of one table can be distinguished from those of the other table during decoding, a separate codeword, the so-called run length prefix, is used for the identification of the coded run length.

SUMMARY OF THE INVENTION

It is an object of the invention to provide a coding method for a signal of the kind mentioned in the opening paragraph and comprising in a special case, an intermediate signal resulting from a picture coding operation, leading to a bit rate reduction which is larger than that hitherto known.

This object is achieved by assigning a Huffman codeword to each run of signals having the value A, where A having length 0, 1, 2 etc., together with the signal value subsequent to the run or together with the signal value preceding the run.

Advantageous embodiments of the invention, particularly for exeptional cases of the signal characterized in the opening paragraph as well as a circuit arrangement for carrying out the method according to the invention, can be derived from the sub-claims.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWING

The invention will now be described in greater detail by way of examples with reference to the accompanying drawings in which

FIG. 1 is a table stating the occurrence of events,

FIG. 2 is a further table elucidating the split-up of the events,

FIG. 3 to FIG. 5 show a coding table, and

FIG. 6 shows the circuit diagram of arrangements for coding video signals according to the invention.

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

In the following embodiments, the intermediate signal referred to results from the transform coding of blocks of picture elements (pixels). The signal values of the intermediate signal thus represent the transform coefficients. As stated above, the coefficient which occurs most frequently in runs within the intermediate signal is represented herein as having the signal value A. In the following embodiments, signal value A equals zero or approximately zero zero (referred to hereinafter as the "zero-coefficient") because it appears most frequently in runs after transform coding. All coefficients not having a value of zero will be referred to hereinafter as "non-zero coefficients".

As used in the following description, a run of zero coefficients and the non-zero coefficient which immediately precedes or follows this run, is referred to as an event. Each non-zero coefficient which is not preceded or followed by one or more zero coefficients is also referred to as an event. According to the invention these events are to be coded.

It is to be noted that some events are more likely to occur than others. For example coefficients having small values will occur more frequently than coefficients having large values, and it is more likely that a coefficient having a small value will be preceded by a run of zero coefficients.

FIG. 1 shows the frequency distribution of the above-mentioned events in the case of a cosine-transformed and subsequently quantized video signal. Each field of the table represents an event characterized by the zero run length L and by the value B of the subsequent (quantized) coefficient. The values B proceed through the natural numbers without the zero and the length L proceeds through the natural numbers with the zero. In order that the table does not become arbitrarily large, all events with B larger than or equal to 9 are combined to an overall event. The same applies to L when larger than or equal to 9.

The numbers in the different fields indicate how often the associated event occurs in a quantized video signal with approximately 15000 signal values. The assignment of Huffman codewords is shown in the table: the series L=0, B=1 acquires the shortest codeword; this is followed by the series L=1, B=1 with the next longer codeword, and so forth.

If the assigned codewords instead of the frequencies are introduced in the event fields of the table, a two-dimensional coding table is obtained. It is not shown for the events according to FIG. 1 because such coding tables can generally be set up by those skilled in the art. For the sake of completeness it is to be noted that a maximum number of 11 bits follows for the events in which L is larger than or equal to 9 or in which B is larger than or equal to 9 after the assigned Huffman codeword, which bits give the receiver accurate information about the value of L and the value of B, respectively.

An additional bit rate reduction of 12% is obtained when coding video signals in accordance with the above-mentioned two dimensional coding table as compared with the coding method described in the opening paragraph.

This additional bit rate reduction is possible because, for example if the probability of a coefficient having the value 2 occurring equals P1, and the probability of run of three zero-coefficients occurring equals P2, and the probability of the run of three zero-coefficients occurring followed by a coefficient having the value 2, equals P3; probability P3 will not be equal to the product of probabilities P1 and P2.

The limitation of FIG. 1 will now be considered in greater detail. As is evident from the above-mentioned embodiments the number of the events to be coded in accordance with FIG. 1 is kept within efficient limits because all zero runs with an equally large subsequent value of a coefficient are considered as an event if the run length L is larger than eight.

Similarly, all zero runs of equal length are considered as an event if the subsequent value B of a coefficient is larger than eight.

As is shown in FIG. 1, relatively rarely occurring events are concerned, and therefore they are coded with relatively long Huffman codewords. Since the receiver for decoding should know the exact zero run length or the exact value of a coefficient without any loss of information, an additional codeword is added to the Huffman codeword—as already indicated above—from which the exact length or the exact value or both can be derived.

A clearly defined state is encoded by the Huffman codeword and the additional information. Since the number of bits of such combinations is also dependent on the statistic properties of the signal, such combinations should also be present at the receiver and the decoder in order that the state which is based on these combinations can unambiguously be recognized at the receiver end.

The Huffman codewords defined in this sense may be up to 30 bits long. Since the processing of codewords which are at most 16 bits long does not require any special arrangements, but is possible, for example with a 16-bit microprocessor, given events are split into sub-events—to improve the method described so far—such that codewords whose length is at most 16 bits are sufficient for coding all events and sub-events. This split-up will now be described in greater detail.

Firstly, an event to be coded consisting of an L=Lm zero run with subsequent coefficient of the value B=Bm is designated by (Lm, Bm). In contrast to the foregoing, Bm=0 is now also explicitly admitted. It is true that the two-dimensional diversity of events (Lm, Bm) occurring in practice is finite, because arbitrarily large values of coefficients do not occur, but it is very large. Consequently, the Huffman codewords to be used are correspondingly large as regards number and length. To reduce the overall number of the events to be coded the starting point is that, for example a run of 19 zeros with subsequent coefficient of the value 7 can be split up into sections, the first of which represents a run of 16 zeros, the second of which represents a run of 3 zeros and the third of which is a run without a zero and subsequent coefficient of the value 7. Each of these sections is now considered as a sub-event which is coded by a Huffman codeword. The length of each section is below a given value which can be predetermined and which will be further dealt with below.

This split-up is illustrated in FIG. 2. In the horizontal direction all occurring values B—including the value 0—of the coefficients are shown. In the vertical direction the length—also starting at 0—of coefficient runs of the value 0 is shown. The "events Fields" shown symbolize the event (Lm, Bm) i.e. Lm zeros followed by a coefficient of the value Bm. The event (0; 3) for example, means that a coefficient of the value 3 is preceded by a run length 0 which means that there is no coefficient of the value 0 preceding. Isolated zeros in the signal are symbolized by the event (0, 0). The reference (3, Bm) refers inter alia to the event in which a coefficient of the value Bm is succeeded by three successive zeros. Since the value of zero is also admitted for Bm, the event (3, 0) means that there are four successive zeros.

FIG. 2 shows a polygonal curve in a solid line dividing the series fields into two ranges. The left-hand range comprises the events which are referred to as being codable and the right-hand range shows the events which are referred to as non-codable. The maximum length for a section of signal values—corresponding to a codable event—is 16; the events (0, 15), (1, 15) and (2, 15) are involved. All other codable events correspond to signal sections which are shorter. The division into codable and non-codable events is not completely arbitrary; the most frequently occurring event should be associated with the codable ones. The crossed non-codable event (8, 7) is split, for example, into the events (0, 7) and (7, 0). There are various possibilities for the split-up; the simplest is the indicated "projection on the event axes".

The numbers in the event fields which are associated with the codable events signify the length—hence the number of bits—of the Huffman codewords with which the events are coded. The codewords also comprise the signs of the coefficients and possibly data about the magnitude of the value B; none of them is longer than 16 bits. In setting up the Huffman codewords it was assumed that coefficients having values of more than 136 do not occur.

FIGS. 3 to 5 show the exact structure of the Huffman codewords used. The first codeword 11 represents the coded signal value for characterizing a block end; at the transmission it succeeds the last codeword which is associated with a coefficient block. The first column of these figures states consecutive numbers, the second column states the values B of the coefficients and the third states the lengths L of the zero runs. The two latter data combined result in the "coordinates" of a codable event according to FIG. 2. In the fourth column of FIGS. 3–5 the code words are shown bitwise. The bit s denotes the sign bit, the positions indicated by "—" are meaningless, and the positions indicated by "+" comprise the coded values of the coefficients in so

far as they are larger than eight. The last column once more states the length of the Huffman codewords.

A possibility of further reducing the bit rate results from the fact that—as in the present embodiment—the signal to be coded is structured in accordance with blocks. As already indicated, the coefficients of a coefficient block are separated from those of the next block by an "end-of-block" signal. Also this "end-of-block" signal is converted into a codeword (compare FIG. 3) while the sequence of m (codable) events of the type

(L1, B1) (L2, B2) ... (Lm, Bm)	(1)

and into a sequence of assigned codewords. The number m of the events is dependent on the special values of the coefficients. If the overall coefficient block comprises, for example 63 zeros with subsequent coefficients of the value 1, it is split up into only one event, namely (63, 1) or into several codable events according to FIG. 2. As it is not known in advance into how many codable events a coefficient block is split, the separate blocks must for this reason already be separated from one another by means of an "end-of-block" signal. At the receiver end the transmitted Huffman codewords are retransformed into events and these events are again converted into a sequence of coefficients. The receiver knows that, for example, 64 coefficients are associated with a coefficient block.

For further explanation and for the sake of simplicity, it is assumed that 4×4 blocks are concerned, so that one block comprises a total of 16 coefficients. All data associated with a block are separated from the data of the subsequent block by an "end of block" sign. This sign and the corresponding codeword is excepted from the split-up of the signal to be coded in accordance with the events. If, for example the sequence of coefficients of a block in a decimal representation has the form of

XX 4005000050000001 XX, (2)

The block is split up according to scheme (1) into the following events.

(0, 4) (2, 5)(4, 5) (6, 1)	(3)

In order that the coefficient sequence of a block can at any rate be split into events in accordance with scheme (1) or (3) above, the coefficients are temporarily stored before they are further processed. The temporal sequence of the coefficients in scheme (2) and that of the events in schemes (1) and (3) corresponds to the sequence of their written registration (European writing direction assumed). The symbols XX in the embodiment according to scheme (2) symbolize the "end-of-block" signs of the previous block and the represented block.

The coefficients in scheme (2) which are different from 0 are all positive and are represented as integral multiples of the smallest unit, namely 1. As can be seen from scheme (3), the last event is the event (6, 1). The Huffman codewords assigned to the events are not indicated.

Firstly, the weight of reception of the last event, namely (6, 1) of the block according to (2) is checked for the receiver. In the coding of pictures general experience has proved that the transmission of events with a run of more than five zeros become less worthwhile as the value of the subsequent coefficient is smaller. If in accordance with the rule based on experience, checked events for which L=5 and B=1 are not transmitted, the transmission of the last event does not take place. In that case the preceding series (4, 5) is checked in accordance with the same criterion. In the example according to (2) the check for this block is ended because the event (4, 5) and the assigned Huffman codeword must be transmitted.

After decoding the Huffman codewords at the receiver end all coefficients of the block according to scheme (2) can be recovered, but for those which are associated with non-transmitted events. However, since these are associated with the last coefficients of the block, the decoded coefficients at the receiver end are augmented with coefficients of the value 0 until the overall number of coefficients is 16.

FIG. 6 shows a circuit arrangement realising a simple split-up of the sequence of coefficients in accordance with codable events. The supply of clock pulses and details of the logic operation of binary values are not shown because they are known to those skilled in the art. In the circuit arrangement according to FIG. 6 events are coded which consist of a run of coefficients of the value zero and a subsequent coefficient. If the run length L in the signal to be coded exceeds a predetermined length Lmax, the associated event cannot be encoded and is split into codable events. Due to the predetermined maximum length Lmax which is independent of the subsequent coefficient, no delays or intermediate storages of the coefficients are required.

The coefficients are serially applied from an input E via a multiple lead e to the address inputs of an addressable memory PROM and to a first input E1 of a comparator circuit K. The multiple lead e comprises as many wires as bits are required for the binary representation of a coefficient. A coding table is filed in the memory PROM.

The position of a counter Z is applied to a second input E2 of the comparator K—via a multiple lead f. The multiple lead f is simultaneously connected to further address inputs of the memory PROM.

It is assumed that a coefficient which is different from zero is present at the input E1. In this case the comparator circuit K supplies a pulse from an output A2, which pulse is applied via a lead a to the reset input R of the counter Z and to the clock input C2 of a flipflop circuit FF. The counter is reset to the zero position with this pulse and the codeword which is present at the output of the memory PROM is bit-parallel taken over in the flipflop circuit FF. The codeword can be derived from the output A of the circuit arrangement according to FIG. 6. The codewords present at output A are not the ultimate Huffman codewords because all of them have the same length. To convert codewords of the same length into codewords of unequal length, and conversely—the latter conversion is required at the receiver end—reference is made to patent applications DE 35 10 902, DE 35 10 901 and DE 36 32 682.

If a zero is present at the input E1, the comparator circuit K supplies a counting pulse from a further output A1 and applies it to the clock input C1 of the counter Z which increases it count by one unit. The comparator circuit K continuously compares the actual

counting with the value Lmax which is stored in one of its memories not shown. If the count reaches the value Lmax, the supply of a further counting pulse does not take place. Instead, the reset or transfer pulse is supplied from the output A2.

The complete coefficients—thus also their signs—are processed in the circuit arrangement according to FIG. 6. In a modification the signs of the coefficients are applied via a separate wire to the output A of the circuit arrangement and to accept them from a comparison by the comparator circuit K and from determining the codewords by the programmable memory PROM.

What is claimed is:

1. A circuit arrangement for coding a signal comprising a run of zero coefficients and a subsequent coefficient, wherein said coefficients are applied with predetermined delays to the address inputs of a memory (PROM) and to a first input (E1) of a comparator circuit (K), in that a counter (Z) is provided whose count is applied to further address inputs of the memory (PROM) and to a second input (E2) of the comparator circuit (K), in that the comparator circuit (K) supplies a counting pulse to the counter (Z) from a first output (A1) if a zero coefficient is present at the first input (E1) and if the count has not exceeded a value stored in a memory of the comparator circuit (K) supplies a pulse from a second output (A2) if the conditions for the supply of a counting pulse are not fulfilled, and in that the counter (Z) is reset by means of the pulse at the second output (A2) of the comparator circuit (K), and in that the codeword present at the outputs of the memory (PROM) is transferred to an intermediate memory (FF).

2. A circuit arrangement as claimed in claim 1, characterized in that only the values of the coefficients are applied to the address inputs of the memory (PROM) and the comparator circuit (K) and in that the sign bits of the coefficients are supplied through a separate wire to the output (A) of the circuit arrangement.

3. In a method of coding a signal comprising a sequence of coefficients which results after a blockwise transform of pixels of a video signal with subsequent quantization, for transmission at a reduced bit rate, said signal comprising a plurality of zero coefficients, and a plurality of non-zero coefficients said method comprising the steps of:

(a) deriving from said signal, a plurality of events each comprising a run of said zero-coefficients having a respective run length and preceded or followed by at least one non-zero coefficient, and

(b) for each of said events, determining said respective run length and assigning a code word to represent said non-zero coefficient and said run length.

4. The method of claim 3, wherein said code words are Huffman code words.

5. A method as claimed in claim 4, characterized in that a Huffman codeword is not transmitted if the length of the associated run of zero-coefficients exceeds a barrier which is dependent on the magnitude of the subsequent non-zero-coefficients.

6. A method as claimed in claim 4, characterized in that the signal comprises a sequence of coefficients which results after a blockwise transform of pixels of a video signal with subsequent quantisation and in that a checked Huffman codeword is not transmitted if the length of the associated zero run is larger than five and if the magnitude of the subsequent non-zero-coefficient has the smallest possible value different from zero.

7. A method as claimed in claim 4, characterized in that the Huffman codeword is independent of the sign of that non-zero coefficient which succeeds or precedes the run of zero-coefficients and in that the sign is coded by a separate bit.

8. A method for coding a signal for transmission at a reduced bandwidth, comprising the steps of:

(a) transforming said signal into a sequence comprising zero coefficients occurring in runs and non-zero coefficients;

(b) deriving from said sequence, a plurality of events each comprised of a run of zero coefficients having a respective run length, which is preceded or followed by at least one non-zero coefficient, and

(c) for each of said events, determining the run length and assigning a code word to represent said run length and said non-zero coefficient.

9. The method of claim 8, comprising the additional steps of:

determining for each event, whether the run length of said run of zero coefficients exceeds a predetermined length and if so assigning the same code word to represent each said run length and respective non-zero coefficient.

10. The method of claim 8, comprising the additional steps of:

determining for each event, whether the non-zero coefficient exceeds a predetermined value and if so assigning the same code to represent said run length and said non-zero coefficient.

11. The method of claim 8, comprising the additional steps of:

determining whether the run length of each event exceeds a predetermined run length and if so, splitting said respective event into a plurality of sections so that each of said sections has a run length below said predetermined run length, and assigning a code word to each section.

12. An apparatus for coding a signal comprising a run of zero coefficients and a subsequent coefficient, said apparatus comprising:

(a) means for determining if the length of said run exceeds a predetermined length;

(b) splitting means coupled to said length determining means, for splitting a run which exceeds said predetermined length into a plurality of codable events; and

(c) coding means coupled to said splitting means for assigning a code word to represent each said codable event.

13. In a method of coding a signal comprising a sequence of coefficients which results after a blockwise transform of pixels of a video signal with subsequent quantization, for transmission at a reduced bit rate, said signal comprising a plurality of first coefficients having a signal value A and occurring in runs most frequently in said signal, and a plurality of second coefficients having values not equal to A, said method comprising the steps of:

(a) deriving from said signal, a plurality of events each comprising a run of said first coefficients having a respective run length, which is preceded or followed by at least one second coefficient, and

(b) for each of said events, determining said respective run lengths and assigning a code word to represent said second coefficient and said run length.

* * * * *

SEARCHED

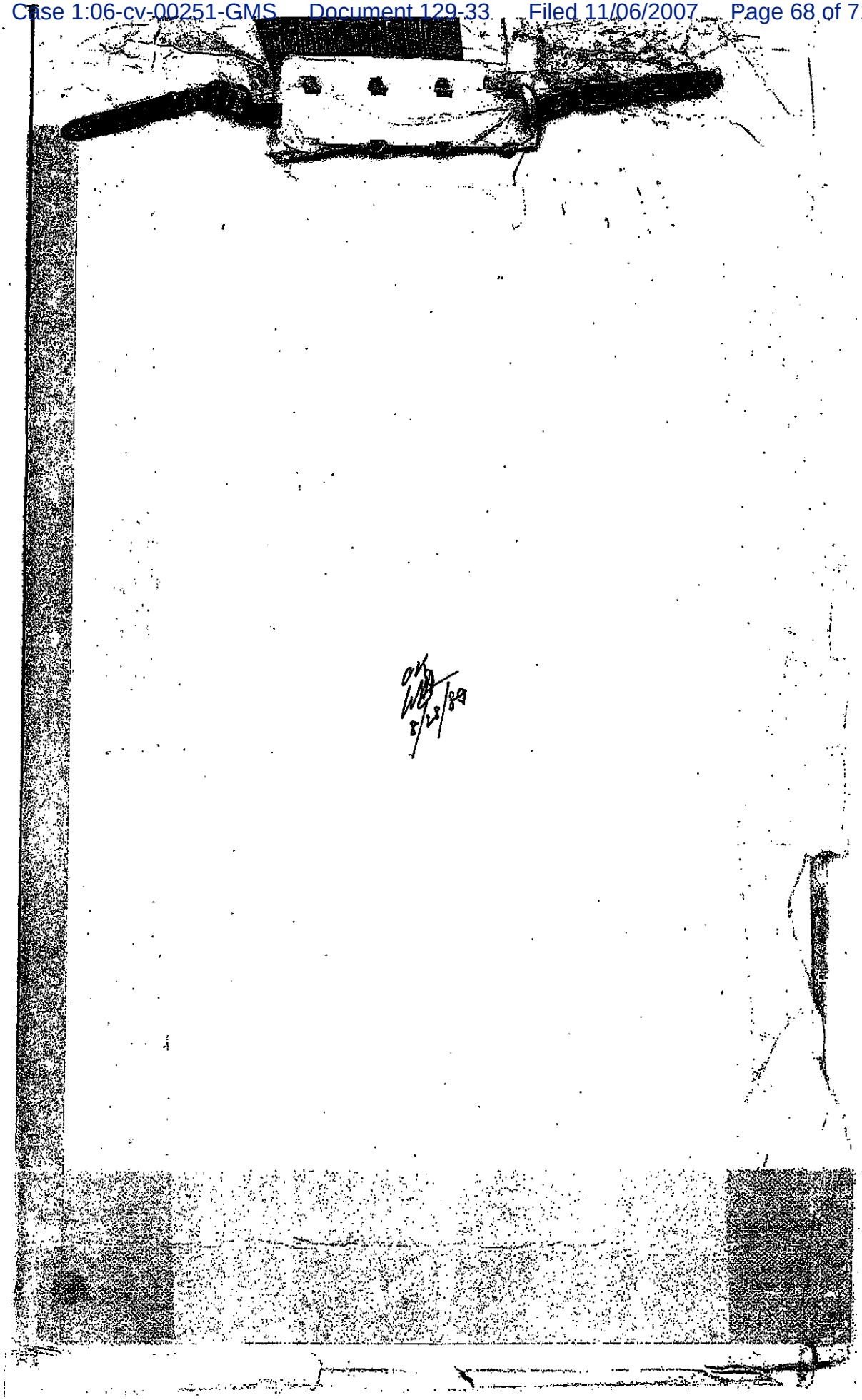
Class	Sub.	Date	Exmr.
340	349DP	9/3/88	BKY
358	13		
"	136		
"	138		
341	63	2/23/89	BKY
"	106		
358	261.1		
375	25		
358	261.2		
	261.3		
	261.4		
	263		
above	updated	6/24/89	BKY

INTERFERENCE SEARCHED

Class	Sub.	Date	Exmr.
above	searched	8/24/89	BKY

SEARCH NOTES

	Date	Exmr.



Staple Issue Slip Here

INDEX OF CLAIMS

Claim Final	Claim Original	Date 9/3/88	2/23/89	7/21/89
	1	✓		
	2	✓		
	3	✓		
	4	✓	D	
	5	✓	D	
5	6	✓	=	=
6	7	✓	D	=
7	8	✓	=	=
1	9	✓	=	=
2	10	✓	=	=
3	11		✓	=
4	12		✓	=
8	13		✓	=
9	14		✓	=
10	15		✓	=
11	16		✓	=
12	17		✓	=
13	18			=
	19			
	20			
	21			
	22			
	23			
	24			
	25			
	26			
	27			
	28			
	29			
	30			
	31			
	32			
	33			
	34			
	35			
	36			
	37			
	38			
	39			
	40			
	41			
	42			
	43			
	44			
	45			
	46			
	47			
	48			
	49			
	50			

Claim Final	Claim Original	Date
	51	
	52	
	53	
	54	
	55	
	56	
	57	
	58	
	59	
	60	
	61	
	62	
	63	
	64	
	65	
	66	
	67	
	68	
	69	
	70	
	71	
	72	
	73	
	74	
	75	
	76	
	77	
	78	
	79	
	80	
	81	
	82	
	83	
	84	
	85	
	86	
	87	
	88	
	89	
	90	
	91	
	92	
	93	
	94	
	95	
	96	
	97	
	98	
	99	
	100	

SYMBOL
= (Through
+
N
I
A
O

[redacted]

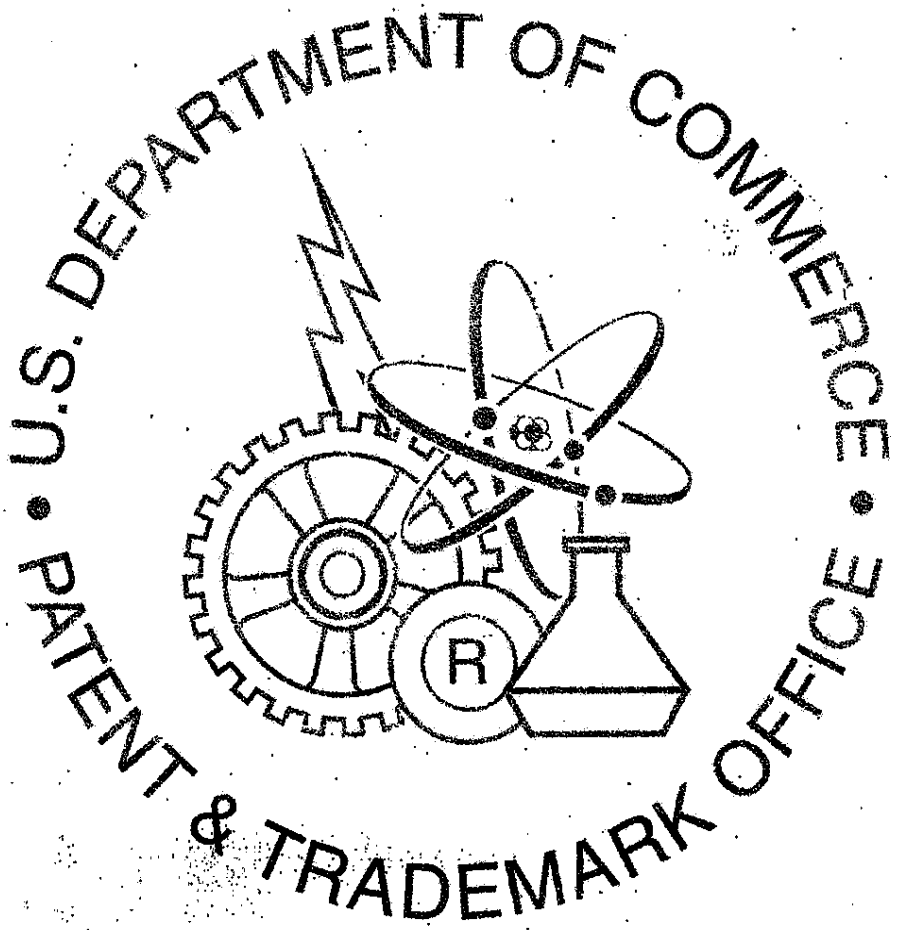
APPROVED FOR LICENSE ☐

INITIALS _____

096177

Entered or Counted	CONTENTS	Received or Mailed
	1. Application _____ papers.	
	2. Ltr (Missing Part)	10-13-87
	3. Decl. & Surcharge	10-26-87
	4. Associate DIA	9-11-88
	5. Rejection 3 months	9-20-88
	6. Amdt B	12-12-88
	7. Rej 3 months	3-6-89
	8. Amdt C	6-7-89
	9. Notice of Allowability	8-28-89
	10. Notice of Allowance	8-28-89
	11. Help of Allowance	9-7-89
	12. Formal drwgs (5 pkt) c/m 9/12/89	9/15/89
	13. Priority Papers	10/27/89
	14. Acknowledgement	12/13/89
	15. PTO GRANT FEB 13 1990	
	16.	
	17.	
	18.	
	19.	
	20.	
	21.	
	22.	
	23.	
	24.	
	25.	
	26.	
	27.	
	28.	
	29.	
	30.	
	31.	
	32.	

KODAK_000229


U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE
PATENT & TRADEMARK OFFICE
R