



(19) Republik
Österreich
Patentamt

(11) Nummer: AT 403 969 B

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 1976/95

(51) Int.Cl.⁶ : G10L 5/06
G10L 7/08, 9/06

(22) Anmeldetag: 4.12.1995

(42) Beginn der Patentdauer: 15.11.1997

(45) Ausgabetag: 27. 7.1998

(56) Entgegenhaltungen:

US 4314105A

(73) Patentinhaber:

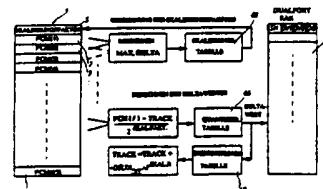
ERICSSON SCHRACK AKTIENGESELLSCHAFT
A-1120 WIEN (AT).

(72) Erfinder:

ZIMMERMANN GERHARD DR.
WIEN (AT).

(54) VERFAHREN ZUR KOMPRESSION EINES ANALOGEN SIGNALS

(57) Verfahren zur Kompression eines analogen Signals, z.B. eines Sprachsignals, wobei die Signalfunktion laufend abgetastet, quantisiert und in Datenwörter kodiert sowie jeweils die Differenz zweier aufeinanderfolgender Datenwörter gebildet wird, sodann jeder Differenzwert quantisiert und kodiert wird.



B

AT 403 969

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kompression eines analogen Signals, z.B eines Sprachsignals, wobei die Signalfunktion laufend abgetastet, quantisiert und in Datenwörter kodiert sowie ein korrigierter Differenzwert aufeinanderfolgender Datenwörter durch die Subtraktion jeweils eines Datenwortes von dem in einem Rechenschritt ermittelten vorhergehenden Datenwort gebildet wird, welchem korrigierten Differenzwert ein niederwertiger Deltawert zugeordnet und dieser dann weiterverarbeitet wird.

5 Bekannte Verfahren dieser Art, die beispielsweise für Sprachkompression und Sprachkodierung in Übertragungssystemen verwendet werden, erreichen eine Verbesserung der Übertragungsqualität durch eine Steigerung der Komprimierungsraten, wodurch aber der erforderliche Implementierungsaufwand steigt. Die in der Nachrichtentechnik verwendeten Verfahren sind als CCITT bzw. ITU-Standards genormt. Dabei 10 stellt die A-law und U-law-Kodierung für den PCM-Standard der Telefonie bei 64 kBit/s die Referenzübertragungsqualität dar. Die Normen G722, G726 für ADPCM bei 32 kBit/s und G728 für LD-CELP bei 16 kBit/s erreichen gute Übertragungsqualität, während die Norm G730 für GSM bei 13 kBit/s nur als weniger gute Qualität eingestuft werden kann.

15 Die in verschiedenen Druckschriften geoffneten Verbesserungen zu den existierenden Kompressionsverfahren betreffen eine Erhöhung des Kompressionsfaktors unter Beibehaltung der Qualität, eine Reduzierung der Übertragungsfehler unter Beibehaltung des Kompressionsfaktors oder die Übertragung zusätzlicher Informationen im Sprachdatenstrom.

20 Der Nachteil dieses Standes der Technik besteht darin, daß die Verbesserung der Sprachqualität durch einen Mehraufwand an Hardware bzw. ein aufwendigeres Programm, welches einen schnelleren Signalprozessor erfordert, erreicht wird.

25 Die SU-PS-1107308 beschreibt ein Datenübertragungssystem mit Fehlerprädiktionssignal-Kompression auf der Basis eines DPCM (Deltamodulations)-Verfahrens, wobei das Sprachsignal gefiltert und umgewandelt wird, um daraus lineare Prädiktions-Koeffizienten und die Prädiktionsfehlerenergie zu berechnen. Die linearen Prädiktionssignale werden in einen Verzerrungsrechner eingegeben, der auch Kodeworte für die wahrscheinlichsten Kombinationen von linearen Prädiktionskoeffizienten von einem ROM erhält. Der Kodewort-Index, der der minimalen Verzerrung entspricht, wird für den Multiplexer kodiert. Dieses Verfahren setzt jedoch eine entsprechend hohe Rechnerleistung voraus.

30 Weiters werden bekannte Kompressionsverfahren auch in Sprachspeichersystemen eingesetzt. Um die Speicherkapazität eines Sprach-Mail-Systems zu verkleinern, werden Sprachdaten mit verschiedenen Kodieralgorithmen (ADPCM, GSM, LD-CELP usw.) komprimiert. Diese Kompressionsverfahren bieten eine niedrige Kodierverzögerung verbunden mit niedrigen Speicher-Datenraten. Ein Hauptnachteil dabei ist aber die hohe Prozessorleistungsanforderung für die Algorithmen, sodaß die Anzahl der gleichzeitig zur Verfügung stehenden Sprachkanäle beschränkt ist.

35 Aus der US-4 314 105 A ist ein Kompressionsverfahren bekanntgeworden, mit welchem aufeinanderfolgende Signalabtastungen laufend niederwertigen Deltawerten zugeordnet werden, die in einem Speicherbaustein abgelegt werden. Die Wiedergewinnung der komprimierten Werte erfolgt, indem der aktuelle und der vorhergehende Deltawert mittels einer in einem Speicher tabellierten Funktion einem Funktionswert zugeordnet werden, der dann zum berechneten Wert der vorhergehenden Abtastung hinzugaddiert wird. Der Funktionsverlauf ergibt für kleine Signaländerungen eine gute und für große Signaländerungen eine 40 verzerrte Wiedergabequalität. Der Nachteil dieses Verfahrens besteht darin, daß keine Anpassungsmöglichkeit für unterschiedliche Signalpegel existiert und nur eine relativ grobe Stufung der Änderungen mit geringer Signalqualität wiedergegeben werden kann, wobei die Festlegung der jeweiligen Funktionswerte durch aufwendige Testreihen vorgenommen werden muß.

45 Aufgabe der Erfindung ist es daher, die für ein Verfahren der eingangs genannten Art erforderliche Rechnerleistung bei hoher Wiedergabegenaugigkeit zu verringern und eine Anpassung der Kompression an einen veränderlichen Signalpegel zu gewährleisten.

Eine weitere Aufgabe ist es, ein Verfahren anzugeben, mit dem unter Beibehaltung der Übertragungsqualität und der Rechnerleistung eine Erhöhung der Anzahl der Übertragungssprachkanäle erreicht werden kann.

50 Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, daß aus dem Datenwortstrom laufend eine vorbestimmbare Anzahl der kodierten Datenwörter als Gruppe gespeichert und nacheinander jede Gruppe gemäß den Schritten a) bis f) bearbeitet wird:

- a) daß in einer sich für jedes Datenwort der Gruppe wiederholenden Rechenoperation jeweils die Differenz zweier aufeinanderfolgender Datenwörter berechnet wird,
- 55 b) daß der Maximalwert der Differenzwerte einer Gruppe bestimmt und diesem ein niederwertiger Skalierungsfaktor zugeordnet wird, daß in einer sich für jedes Datenwort der Gruppe wiederholenden Rechenoperation die Schritte c) bis f) ausgeführt werden, wobei

- c) mit dem Datenwort des vorhergehenden Rechenschrittes der korrigierte Differenzwert aufeinanderfolgender Datenwörter der Gruppe gebildet wird, dem Ergebnis durch Skalieren mit einer vom Skalierungsfaktor abhängigen Skalierungsfunktion und durch Quantisieren der jeweilige niederwertige Deltawert zugeordnet wird, welcher niederwertige Deltawert dann mit den anderen so errechneten Deltawerten und dem Skalierungsfaktor der Gruppe weiterverarbeitet, gegebenenfalls gespeichert wird, daß
- 5 d) der jeweilige niederwertige Deltawert wieder dekodiert und anhand des zugehörigen Skalierungsfaktors mit der entsprechenden Umkehrskalierungsfunktion deskaliert wird, daß
- e) jeder deskalierte Differenzwert jeweils zum im vorhergehenden Rechenschritt ermittelten Datenwort hinzugaddiert wird, und daß
- 10 f) das so errechnete Datenwort im nachfolgenden Rechenschritt c) bzw. e) als Datenwort des vorhergehenden Rechenschrittes verwendet wird.

Durch die Anwendung dieses erfundungsgemäßen Verfahrens kann auf komplexe Berechnungen wie z.B. bei ADPCM, verzichtet und selbe dafür durch einfache Rechenoperationen wie Addition und Subtraktion ersetzt werden. Die sonst üblichen Vorhersagealgorithmen werden durch die Analyse aktueller Daten ersetzt, wodurch sich eine hohe Genauigkeit ergibt. Die dabei in Kauf zu nehmende Zeitverzögerung ist etwa bei Sprachspeicheranwendungen ohne Belang. Es können weiters auch signalangepaßte Quantisierungsstufen verwendet werden, indem etwa für die bei Sprachsignalen häufigeren niederfrequenten Signalanteile eine kleinere Quantisierungsstufung vorgenommen wird.

Im wesentlichen kann die erforderliche Rechenleistung für die Kompression reduziert werden, sodaß dieses erfundungsgemäße Verfahren besonders für digitale Sprachspeicher geeignet ist.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren der eingangs genannten Art für sich langsam ändernde analoge Signale anzugeben, mit welchem bei gleicher Rechnerleistung die Information komprimiert werden kann, ohne daß eine merkbare Zeitverzögerung auftritt.

Dies wird erfundungsgemäß dadurch erreicht, daß die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruches 1 ausgeführt werden mit dem Unterschied, daß Schritt b1) anstelle des Schrittes b) durchgeführt wird, welcher umfaßt:

- b1) daß der Maximalwert der Differenzwerte der vorhergehenden Gruppe zur Zuordnung eines niederwertigen Skalierungsfaktors für die aktuelle Gruppe verwendet wird.

Dadurch wird der bei einer vorhergehenden Gruppe errechnete Skalierungsfaktor jeweils gleich als Skalierungsfaktor für die aktuelle Gruppe verwendet, sodaß nicht erst die Berechnung des Skalierungsfaktors abgewartet werden muß, um die Skalierung der Differenzwerte durchzuführen. Auf diese Weise kann eine Zeitverzögerung verhindert werden, Voraussetzung für eine solche Anwendung des jeweils vorhergehenden Skalierungsfaktors ist ein sich nicht abrupt änderndes Signal. Diese Bedingung ist gewöhnlich für einen normalen Gesprächston erfüllt.

35 Gemäß einer anderen Variante der Erfindung kann vorgesehen sein, daß die Skalierungsfunktion durch Division und die Deskalierungsfunktion durch Multiplikation mit dem Skalierungsfaktor gebildet ist, wobei die Division durch n bzw. die Multiplikation mit n durch n-faches bitweises Rechts- bzw. Linksverschieben durchgeführt wird.

Diese Verschiebeoperationen sind besonders einfach zu verarbeiten und beanspruchen daher nur sehr wenig Rechenleistung.

Ein weiteres Merkmal der Erfindung kann darin bestehen, daß die Skalierungsfunktion durch Potenzbildung zur Basis 2 gebildet ist.

Dadurch läßt sich eine hohe Rechengeschwindigkeit erreichen, da diese Rechenoperation durch einfaches Bitverschieben durchgeführt werden kann.

45 Dies schwächt den Einfluß sehr großer Skalierungsfaktoren entsprechend ab.

Gemäß einer anderen Variante der Erfindung kann vorgesehen sein, daß zur Kompression für jeden skalierten Differenzwert aus einer Quantisierungstabelle eine diesem Wert zugeordnete Quantisierungsstufe ausgelesen wird und zur Dekompression jedem kodierten Wert über eine Dekodierungstabelle ein dekodierter Wert zugeordnet wird.

50 Durch die Verwendung von Tabellen können aufwendige Rechenoperationen eingespart werden.

Weiters kann ein Merkmal der Erfindung darin bestehen, daß die Stufen der Quantisierungstabelle bzw. der Dekodierungstabelle im wesentlichen entsprechend den Stufen eines Histogramms eines lauten Sprachstückes gewählt werden.

Dies wirkt sich besonders vorteilhaft auf die Sprachqualität aus, da durch die Vorskaliierung alle 55 Signalteile eher zu lauten Signalen werden.

Gemäß einer anderen Variante der Erfindung kann vorgesehen sein, daß in Schritt b) dem Maximalwert der Differenzwerte ein Skalierungsfaktor aus einer Skalierungstabelle zugeordnet wird.

Durch die Anwendung einer Skalierungstabelle können aufwendige Rechenoperationen eingespart werden. Die Skalierungstabelle kann den jeweiligen Erfordernissen angepaßt werden.

In weiterer Ausbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, daß daß der Skalierungsfaktor so zugeordnet wird, daß der größte zur Verfügung stehende Quantisierungssprung 80% des größten Differenzwertes erreicht.

Dies ist bei einer groben Stufung bei großen Deltawerten vorteilhaft, da sonst leicht ein Überschießen durch fehlende Zwischenwerte stattfinden kann. Dies würde zu akustisch unangenehmen, ungeraden Harmonischen führen.

Die Dekompression eines erfindungsgemäß komprimierten Signals erfolgt durch die Anwendung der Schritte d), e) und f).

Die Erfindung wird im folgenden anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen ausführlich beschrieben. Es zeigt dabei:

Fig.1 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig.2 bis 5 schematische Darstellungen von Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig.6 ein Histogramm der Differenzwerte eines Sprachsignals;

Fig.7 ein Histogramm der Differenzwerte eines lauten Sprachstückes;

Fig.8 ein Histogramm eines für das erfindungsgemäße Verfahren optimierten Signals und

Fig.9 eine Ausführungsform einer Schaltungsanordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Der in Fig.1 dargestellte schematische Verfahrensablauf bezieht sich auf ein Deltamodulationsverfahren zur Kompression eines analogen Signals, z.B eines Sprachsignals, wobei die Signalfunktion laufend abgetastet, quantisiert und in Datenwörter kodiert sowie jeweils die Differenz zweier aufeinanderfolgender Datenwörter gebildet wird, sodann jeder Differenzwert quantisiert und kodiert, z.B. PCM-kodiert, wird.

Zur Dekompression der so komprimierten Daten wird der Differenzwert zum vorhergehenden, berechneten Datenwort addiert und der entstehende Wert dekodiert und zu einem analogen Signal zusammengezettet. Dies entspricht der üblichen Vorgangsweise bei Deltamodulation.

Das analoge Signal ist zum Zwecke der Erläuterung der Erfindung ein Sprachsignal, es kann aber jedes andere analoge Signal ebenso erfindungsgemäß komprimiert werden.

So haben PABX-Systeme gemäß dem Stand der Technik die Aufgabe, Sprachsendungen für Nachrichtenhinterlegungen, Mitteilungen und Sprachsendungen, z.B. für Mailbox-Systeme, usw. aufzuzeichnen und auf Abruf wiederzugeben. Diese Sendungen sind gewöhnlicherweise in digitalen Systemen, die als Speichermedium ein RAM, eine Festplatte oder ein Flash-ROM aufweisen, gespeichert, die den gleichzeitigen Betrieb mehrerer Sprachkanäle ermöglichen.

Um beispielsweise die Speicherkapazität eines Sprach-Mail-Systems zu erhöhen, werden üblicherweise Sprachdaten mit verschiedenen Kodieralgorithmen (ADPCM, GSM, LD-CELP usw.) komprimiert. Diese Kompressionsverfahren bieten eine niedrige Kodierverzögerung verbunden mit niedrigen Datenraten zum Speicher. Ein Hauptnachteil besteht aber in den hohen Anforderungen an die Prozessorleistung für die Berechnung der diesen Kompressionsverfahren zugrundeliegenden Algorithmen.

Um die Anzahl der gleichzeitig zur Verfügung stehenden Sprachkanäle zu erhöhen, ist es notwendig, die erforderliche Prozessorleistung pro Kanal zu verkleinern.

Dies wird mit dem in Fig.1 dargestellten erfindungsgemäßen Verfahren verwirklicht, welches in seiner Qualität mit einem bekannten ADPCM-Verfahren vergleichbar ist. Das Leistungsvermögen wird gegenüber dem ADPCM-Verfahren jedoch dadurch gesteigert, daß eine Datenanalyse mit den Echtzeit-Sprachdaten durchgeführt wird und dabei weniger Rechnerleistung erforderlich ist.

Das erfindungsgemäße Verfahren besteht dabei aus den folgenden Schritten:

Aus dem Datenwortstrom wird laufend eine vorbestimmbare Anzahl der kodierten Datenwörter 2, 3..., 64 als Gruppe 1 gespeichert und nacheinander jede Gruppe 1 gemäß den Schritten a) bis f) bearbeitet:

a) Es wird in einer sich für jedes Datenwort der Gruppe wiederholenden Rechenoperation jeweils die Differenz zweier aufeinanderfolgender Datenwörter 2, 3..., 64 berechnet.

b) Der Maximalwert der Differenzwerte einer Gruppe 1 wird bestimmt und diesem ein niederwertiger Skalierungsfaktor S zugeordnet.

Dies wird in dem Funktionsblock "Calculate max. delta" durchgeführt, woraufhin der errechnete Wert mit Hilfe einer Tabelle 68 dem jeweiligen niederwertigen Skalierungsfaktor zugeordnet wird. Niederwertig bedeutet in diesem Zusammenhang, daß aus relativ langen höherwertigen Datenwörtern eine kurze, niederwertige Dateneinheit, z.B. 4 bit, gebildet wird.

In einer sich für jedes Datenwort der Gruppe 1 wiederholenden Rechenoperation werden die Schritte c) bis f) ausgeführt, wobei die einzelnen Schritte folgendermaßen definiert sind:

- c) Es wird ein korrigierter Differenzwert aufeinanderfolgender Datenwörter der Gruppe 1 durch die Subtraktion jeweils eines Datenwortes vom im vorhergehenden Rechenschritt ermittelten Datenwort (track) gebildet, das Ergebnis jeweils mit einer vom Skalierungsfaktor S abhängigen Skalierungsfunktion skaliert. Dies erfolgt in dem in Fig.1 dargestellten Fall durch die Potenzfunktion mit der Basis 2, sodaß sich für große Werte des Skalierungsfaktors S entsprechend kleine Differenzwerte ergeben. Die solcherart skalierten Differenzwerte werden nun quantisiert, indem für die skalierte Differenz aus der Quantisierungstabelle 66 die Quantisierungsstufe abgelesen und zu einem Deltawert kodiert wird, welcher Deltawert dann mit den anderen so errechneten Deltawerten und dem Skalierungsfaktor S der Gruppe in einem Dualport-RAM 65 gespeichert wird, von wo diese zur weiteren Verarbeitung, z.B. zum Transfer in einen Massenspeicher, z.B. eine Festplatte, abgerufen werden können. Zur Berücksichtigung der Kodierungs/Dekodierungsfehler wird der folgende Schritt d) ausgeführt:
- 5 d) Der jeweilige Deltawert wird wieder dekodiert, indem anhand der Dekodierungstabelle 67 der entsprechende Wert ausgelesen wird. Dann wird anhand des zugehörigen Skalierungsfaktors S mit der entsprechenden Umkehrskalierungsfunktion, hier durch Multiplikation mit 2^S , deskaliert.
- 10 e) Es wird jeder deskalierte Differenzwert jeweils zum im vorhergehenden Rechenschritt ermittelten Datenwort (track) hinzuaddiert.
- 15 f) Das so errechnete Datenwort wird im nachfolgenden Rechenschritt c) bzw. e) als Datenwort des vorhergehenden Rechenschrittes (track) verwendet.

Erfnungsgemäß kann auch der für die vorhergehende Gruppe berechnete Skalierungsfaktor für die auf 20 diese folgende Gruppe verwendet werden und dadurch eine Zeitverzögerung durch den Berechnungsvorgang vermieden werden. Dies wird erfungsgemäß realisiert, indem die vorstehend beschriebenen Schritte durchgeführt werden mit dem Unterschied, daß Schritt b1) anstelle des Schrittes b) durchgeführt wird, welcher umfaßt:

- 25 b1) daß der Maximalwert der Differenzwerte der vorhergehenden Gruppe 1 zur Zuordnung eines niederwertigen Skalierungsfaktors S für die aktuelle Gruppe 1 verwendet wird.

Die im Ausführungsbeispiel gemäß Fig.1 verwendete Skalierungsfunktion, welche den Skalierungsfaktor zur Potenz 2 erhebt, kann je nach Bedarf anders gestaltet sein, am einfachsten ist die Skalierung direkt über S, indem die Differenzwerte durch S dividiert und bei der Dekodierung mit S multipliziert werden. Die dabei benötigten Rechenoperationen sind bitweises Rechts- bzw. Linksverschieben.

- 30 Das Verfahren zur Dekompression eines erfungsgemäß komprimierten Signals wird durch Anwendung der Schritte d), e) und f) erreicht.

Das erfungsgemäß Kompressionsverfahren läßt sich beispielsweise auf 32 kBit/s, 24 kBit/s und 16 kBit/s konfigurieren. Dies läßt sich anhand der im folgenden beschriebenen Ausführungsbeispiele zeigen. Als Vergleichswert kann dabei herangezogen werden, daß der Leistungsverbrauch für ein G.726 ADPCM-35 Verfahren bei 17 MIPS (Mega instructions/seconds) und für ein G.728 LD-CELP bei 37 MIPS liegt. Mit kommerziellen digitalen Signalprozessoren (DSP) können daher nur ein bis drei Kanäle pro Signalprozessor erzielt werden. Das erfungsgemäß Verfahren ist unter Beibehaltung einer gegebenen Übertragungsqualität hinsichtlich des Implementierungsaufwandes verbessert und erzielt mit geringem Hardware-Aufwand relativ viele Kanäle eines Sprachspeichersystems. Bei Verwendung des erfungsgemäß Kompressionsverfahrens für ein Sprachspeichersystem ähnelt dies dem Klang und den meßtechnischen Daten nach dem ADPCM Standard G.726. Kodierer und Dekodierer benötigen typischerweise 2 MIPS DSP Performance. Das erfungsgemäß Verfahren ist etwa achtmal schneller als ADPCM und benötigt lediglich 300 Bytes/Kanal, was deutlich geringer ist als bei anderen Verfahren wie LDCELP, GSM, die 2kBytes/Kanal benötigen. Es ergibt sich beim erfungsgemäß Verfahren jedoch eine relativ hohe Signalverzögerung, die jedoch in 45 Sprachspeichersystemen ohne jede Relevanz ist. Wie vorstehend beschrieben, kann diese Zeitverzögerung auch durch Verwendung des jeweils zuvor berechneten Skalierungsfaktors vermieden werden. Dieses Verfahren ist aber nur für nicht abrupt vor sich gehende Signaländerungen geeignet.

In Fig.2 ist die Programmorganisation eines 32 kbit/s Abspielprogramms für einen Verfahrensablauf zum Aufzeichnen (RECORD) von erfungsgemäß komprimierten Datenwörtern dargestellt. Es erfolgt ein 50 Komprimieren der Sprachdaten vor dem Abspeichern in einen Dualport-RAM-Puffer 101. Dabei wird entsprechend der üblichen PCM-Abtastrate alle 125µs ein PCM-Sprachdatenwort aus dem PCM-Highway eingelesen und dann linearisiert. Bevor das neue PCM-Wort in einem DSA-Puffer 100 gespeichert wird, der eine Gruppe von Datenworten aufnehmen kann, wird das vorhergehende PCM-Wort an derselben Stelle im DSA-Puffer ausgelesen und in ein Register abgelegt. Diese vorhergehende PCM-Abtastung wird im 55 erfungsgemäß Verfahrensschritt c) vom Datenwort, das sich aus den vorhergehenden Rechenschritten c) bis f) ergibt, welches als track bezeichnet ist, subtrahiert, und dann die Differenz skaliert, indem durch den Skalierungsfaktor S dividiert wird. Dies wird durch n-maliges bitweises Rechtsverschieben erreicht, was wenig Rechenaufwand erfordert. n kann in diesem Beispiel abhängig vom Skalierungsfaktor S Werte von 0

bis 5 annehmen. Der Skalierungsfaktor S wird dabei gemäß den Schritten a) und b) bestimmt. Für den sich ergebenden Differenzwert wird ein 4 bit langer Deltawert aus der Quantisierungstabelle ausgelesen. Diese 4 bits werden so zusammengefaßt, daß vier PCM-Datenworte in einem 16 bit-Datenwort enthalten sind. Dieses Wort wird dann im Dualport-RAM-Puffer 101 gespeichert. Wenn das vorhergehende Datenwort 5 gerade der Skalierungsfaktor S war, wird dieser mit den nächsten drei PCM-Datenworten in ein Wort zusammengepackt.

Der Beginn einer eintreffenden Nachricht wird z.B. durch einen Skalierungsfaktor 07h angezeigt, wodurch der Augenblickswert auf Null gesetzt wird.

Das Berechnen des track-Wertes für den nächsten Rechenschritt, erfolgt gemäß den Schritten d) e) und f), wobei der Deltawert anhand der Dekodiertabelle dekodiert und mit dem Skalierungsfaktor S deskaliert, in 10 diesem Fall multipliziert wird, indem bitweises Linksverschieben durchgeführt wird, und jeder deskalierte Differenzwert jeweils zum im vorhergehenden Rechenschritt ermittelten Datenwort (track) hinzugeaddiert wird.

In Fig.3 sind die Verfahrensschritte zum Abspielen (PLAY) bzw. Dekomprimieren der gespeicherten Daten dargestellt. Dabei werden mit einem 32 kbit/s Abspielprogramm die zusammengefaßten Deltawerte 15 vom Dualport-RAM 101 auseinandergetrennt, bevor sie im DSA-Puffer 100 zwischengespeichert werden. Es wird jeweils ein zusammengefaßtes Datenwort vom Dualport-RAM 101 ausgelesen, dann in vier Teilbytes auseinandergetrennt und im DSA-Puffer 100 gespeichert, wobei ein Teilbyte auf jeweils einen Platz gelangt. Das erste Wort in diesem Puffer enthält den Skalierungsfaktor. Alle Deltawerte werden als Indexierung für eine Abfrage der Dekodierungstabelle verwendet, um den dekodierten Deltawert zu erhalten, 20 der dann n mal nach links verschoben wird ($n = 0$ bis 5, abhängig vom Skalierungsfaktor S), bevor sie auf den PCM-Highway gelangen. Alle 125 μ s wird ein PCM-Wort auf den Highway geschickt.

Fig.4 zeigt den Programmablauf eines 16 kbit/s-Programms, mit dem die Sprachdaten gefiltert und zusammengefaßt werden, bevor sie im Dualport-RAM 111 gespeichert werden. Dabei werden Einbyte-A-law-Sprachdaten alle 125 μ s aus dem PCM-Highway gelesen. Bevor die neuen linearisierten PCM-Sprachdaten in den DSA-Puffer 110 gespeichert werden, wird die vorhergehende PCM-Sprachabtastung auf derselben Stelle im DSA-Puffer 110 ausgelesen. Diese vorhergehende PCM-Abtastung wird vom Datenwort aus dem vorhergehenden Rechenschritt (track) abgezogen und die Differenz wird n-mal nach rechts verschoben ($n = 0$ bis 3, abhängig vom Skalierungsfaktor). Für den resultierenden Wert wird ein 2 bit Delta-Index aus einer Tabelle ausgelesen. Diese zwei Bits werden zusammengefaßt, sodaß acht PCM-Sprachdatenwörter in einem 16bit-Wort vereint sind. Dieses Wort wird dann im Dualport-RAM-Puffer 111 gespeichert. 30 War das vorhergehende PCM-Datenwort der Skalierungsfaktor, wird dieses mit den nächsten sieben PCM-Sprachdaten in ein Wort zusammengefaßt.

In Fig.5 ist der Ablauf eines 16 kBit/s-Abspielprogramms dargestellt, wobei die zusammengefaßten Sprachdaten vom Dualport-RAM aueinandergetrennt werden, bevor sie in den DSA-Puffer eingespeichert 35 werden.

Es werden in einzelnen Datenworten zusammengefaßte Sprachdaten aus dem Dualport-RAM 111 gelesen. Dieses Wort wird auseinandergetrennt, indem es in acht 2bit-Teilbytes geteilt wird, und im DSA-Puffer gespeichert wird. Einem Teilbyte entspricht eine Stelle. Das erste Byte in diesem Puffer ist ein Verschiebungsbetrag. Alle Deltawerte werden als Index für eine Dekodiertabellenabfrage benutzt, um den echten Deltawert zu erhalten, der dann n-mal nach links verschoben wird, bevor sie auf den PCM-Highway 40 gelangen. n geht dabei von 0 bis 3 und hängt vom Skalierungsfaktor S ab. Alle 125 μ s geht dabei ein PCM-Sprach-Byte auf den PCM-Highway hinaus.

Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt die Verwendung von signalangepaßten Quantisierungsstufen. Da übliche Sprachsignale eher niederfrequente Signalanteile enthalten, treten kleinere Deltastufen häufiger 45 auf. Somit kann die Trefferwahrscheinlichkeit erhöht werden, indem die Quantisierungstabellen mehr kleine als große Stufen enthalten.

Fig.6 und Fig.7 zeigen dazu Beispiele von Histogrammen der Differenzwerte eines mit normaler Lautstärke gesprochenen Sprachsignals mit drei Worten in A-Law bzw. ein lautes Sprachstück mit dem Vokal A in A-Law vollaustgesteuert. Die Y-Achse stellt dabei die Anzahl der Abtastungen und die X-Achse 50 die für A-Law digitalisierten Pegelwerte (+ - 4096) dar.

In Fig.8 ist ein Histogramm eines bereits nach dem erfindungsgemäßen Verfahren vorskalierten Sprachsignals wiedergegeben, welches im wesentlichen dem lauten Sprachstück gemäß Fig.7 entspricht, jedoch in Richtung des Sprachstückes gemäß Fig.6 geändert worden ist und das jede Stufe der Quantisierungstabelle mit je acht positiven und negativen Stufen gleich oft, hier hundertmal ausnutzt. Die X-Achse 55 läuft entsprechend der Vorskalierung von 0 bis 64. Nach diesem Histogramm aus Fig. 8 wurden die Quantisierungsstufen der Quantisierungstabelle gewählt, sodaß die Stufen der Quantisierungstabelle bzw. der Dekodierungstabelle im wesentlichen entsprechend den Stufen eines Histogramms eines lauten Sprachstückes gewählt werden. Dies begründet sich darin, daß Sprachqualität nur in deutlich wahrnehmbaren

Passagen der Wiedergabe vom Hörer eingestuft werden kann. Da sich also einerseits der Klirrfaktor in Sprachpausen nicht sonderlich auswirkt, andererseits durch die Vorskalierung aufgrund des adaptiven Skalierungsfaktors aus allen Signalteilen eher laute Signale werden, wird die Stufenfunktion in die Nähe eines lauten Signals gelegt. Es wird dadurch ein geringer Klirrfaktor erzielt.

Das Zusammenspiel von Skalierungs-, Quantisierungs- und Dekodierungstabelle wird dabei so ausgelegt, daß der durch die Kompression auftretende Klirrfaktor nicht störend klingt, sondern der Wiedergabe nur einen warmen Klang verleiht, sodaß nur geradzahlige Oberwellen, hautsächlich die zweite Harmonische, auftreten. Die Skalierungsfaktortabelle bestimmt den Skalierungsfaktor so, daß der größte zur Verfügung stehende Quantisierungssprung 70% - 90%, vorzugsweise 80% des größten Differenzwertes erreicht. Dies ist günstig, da durch die grobe Stufung bei großen Deltas leicht ein Überschießen durch fehlende Zwischenwerte stattfinden kann. Dies würde zu akustisch unangenehmen, ungeraden Harmonischen führen. Die Quantisierungstabelle ist so ausgelegt, daß der gewählte Deltawert kleiner als der erforderliche ist. Dadurch entsteht aus dem Zusammenwirken von Skalierungsfaktortabelle und Quantisierungs- bzw. Dekodierungstabelle insgesamt ein Tiefpaßcharakter des komprimierten bzw. dekomprimierten Signals mit dreiecksförmigen Verzerrungsanteilen und somit die Ausbildung gerader Harmonischer, die der Wiedergabe einen akustisch warmen Klang verleihen.

In Fig.9 ist eine Schaltungsanordnung dargestellt, mit der das erfindungsgemäße Verfahren realisiert werden kann. Ein Regionalprozessor 201, z.B. der Type 68302, steuert alle anderen Funktionsblöcke und kommuniziert dabei über seinen Adress- und Datenbus mit einer Backplane-Schnittstelle 210, über die der PCM-Datenwortstrom einem digitalen Koppelfeld 205 zugeführt wird. Das digitale Koppelfeld 205 setzt die 4Mbit Anlagenbusse auf 2Mbit lokale PCM-Busse für die beiden digitalen Signalprozessoren 206, z.B. TMS320C50A um, die für 20 MIPS ausgelegt sind. Die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren berechneten Daten werden in den Dualport-RAM 204 mit je 1 kWord Speicherumfang abgelegt, um für eine weitere Verarbeitung abrufbar zu sein. Die Quantisierungs- und Dekodierungstabelle ist im System-PROM 208, z.B. ein EPROM, verfügbar.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Kompression eines analogen Signals, z.B. eines Sprachsignals, wobei die Signalfunktion laufend abgetastet, quantisiert und in Datenwörter kodiert sowie ein korrigierter Differenzwert aufeinanderfolgender Datenwörter durch die Subtraktion jeweils eines Datenwertes von dem in einem Rechenschritt ermittelten vorhergehenden Datenwort gebildet wird, welchem korrigierten Differenzwert ein niedriger Wert zugeordnet und dieser dann weiterverarbeitet wird, dadurch gekennzeichnet, daß aus dem Datenwortstrom laufend eine vorbestimmbare Anzahl der kodierten Datenwörter (2, 3..., 64) als Gruppe (1) gespeichert und nacheinander jede Gruppe (1) gemäß den Schritten a) bis f) bearbeitet wird:
 - a) daß in einer sich für jedes Datenwort der Gruppe wiederholenden Rechenoperation jeweils die Differenz zweier aufeinanderfolgender Datenwörter (2, 3..., 64) berechnet wird,
 - b) daß der Maximalwert der Differenzwerte einer Gruppe (1) bestimmt und diesem ein niedriger Skalierungsfaktor (S) zugeordnet wird, daß in einer sich für jedes Datenwort der Gruppe (1) wiederholenden Rechenoperation die Schritte c) bis f) ausgeführt werden, wobei
 - c) mit dem Datenwort des vorhergehenden Rechenschrittes der korrigierte Differenzwert aufeinanderfolgender Datenwörter der Gruppe (1) gebildet wird, dem Ergebnis durch Skalieren mit einer vom Skalierungsfaktor (S) abhängigen Skalierungsfunktion und durch Quantisieren der jeweilige niedrige Deltawert zugeordnet wird, welcher niedrige Deltawert dann mit den anderen so errechneten Deltawerten und dem Skalierungsfaktor (S) der Gruppe weiterverarbeitet, gegebenenfalls gespeichert wird,
 - d) der jeweilige niedrige Deltawert wieder dekodiert und anhand des zugehörigen Skalierungsfaktors (S) mit der entsprechenden Umkehrskalierungsfunktion deskaliert wird, daß
 - e) jeder deskalierte Differenzwert jeweils zum im vorhergehenden Rechenschritt ermittelten Datenwort hinzugaddiert wird, und daß
 - f) das so errechnete Datenwort im nachfolgenden Rechenschritt c) bzw. e) als Datenwort des vorhergehenden Rechenschrittes verwendet wird.
2. Verfahren zur Kompression eines analogen Signals, z.B. eines Sprachsignals, wobei die Signalfunktion laufend abgetastet, quantisiert und in Datenwörter kodiert sowie ein korrigierter Differenzwert aufeinanderfolgender Datenwörter durch die Subtraktion jeweils eines Datenwertes von dem in einem Rechenschritt ermittelten vorhergehenden Datenwort gebildet wird, welchem korrigierten Differenzwert ein

niederwertiger Deltawert zugeordnet und dieser dann weiterverarbeitet wird, mit den Merkmalen von Anspruch 1 mit dem Unterschied, daß Schritt b1) anstelle des Schrittes b) durchgeführt wird, welcher umfaßt:

- 5 b1) daß der Maximalwert der Differenzwerte der vorhergehenden Gruppe (1) zur Zuordnung eines niedrigerwertigen Skalierungsfaktors (S) für die aktuelle Gruppe (1) verwendet wird.
- 10 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Skalierungsfunktion durch Division und die Deskalierungsfunktion durch Multiplikation mit dem Skalierungsfaktor gebildet ist, wobei die Division durch n bzw. die Multiplikation mit n durch n-faches bitweises Rechts- bzw. Linksverschieben durchgeführt wird.
- 15 4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Skalierungsfunktion durch Potenzbildung zur Basis 2 gebildet ist.
- 20 5. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Kompression für jeden skalierten Differenzwert aus einer Quantisierungstabelle eine diesem Wert zugeordnete Quantisierungsstufe ausgelesen wird und zur Dekompression jedem kodierten Wert über eine Dekodierungstabelle ein dekodierter Wert zugeordnet wird.
- 25 6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Stufen der Quantisierungstabelle bzw. der Dekodierungstabelle im wesentlichen entsprechend den Stufen eines Histogramms eines lauten Sprachstückes gewählt werden.
- 30 7. Verfahren nach Anspruch 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß in Schritt b) dem Maximalwert der Differenzwerte ein Skalierungsfaktor (S) aus einer Skalierungstabelle zugeordnet wird.
- 35 8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Skalierungsfaktor so zugeordnet wird, daß der größte zur Verfügung stehende Quantisierungssprung 80% des größten Differenzwertes erreicht.
- 40 9. Verfahren zur Dekompression eines gemäß den Ansprüchen 1 bis 8 komprimierten Signals durch Anwendung der Schritte d), e) und f).

Hiezu 8 Blatt Zeichnungen

35

40

45

50

55

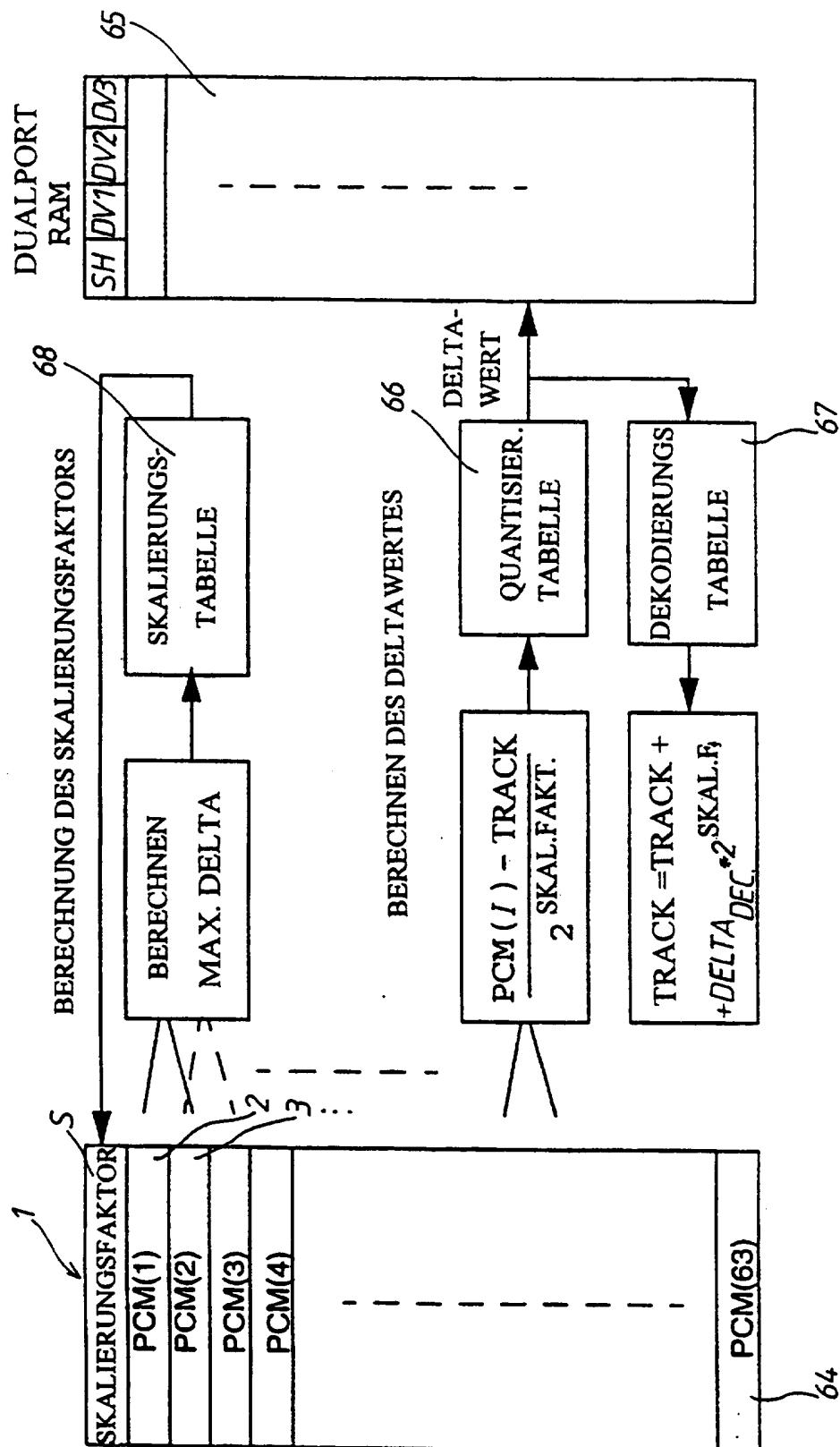
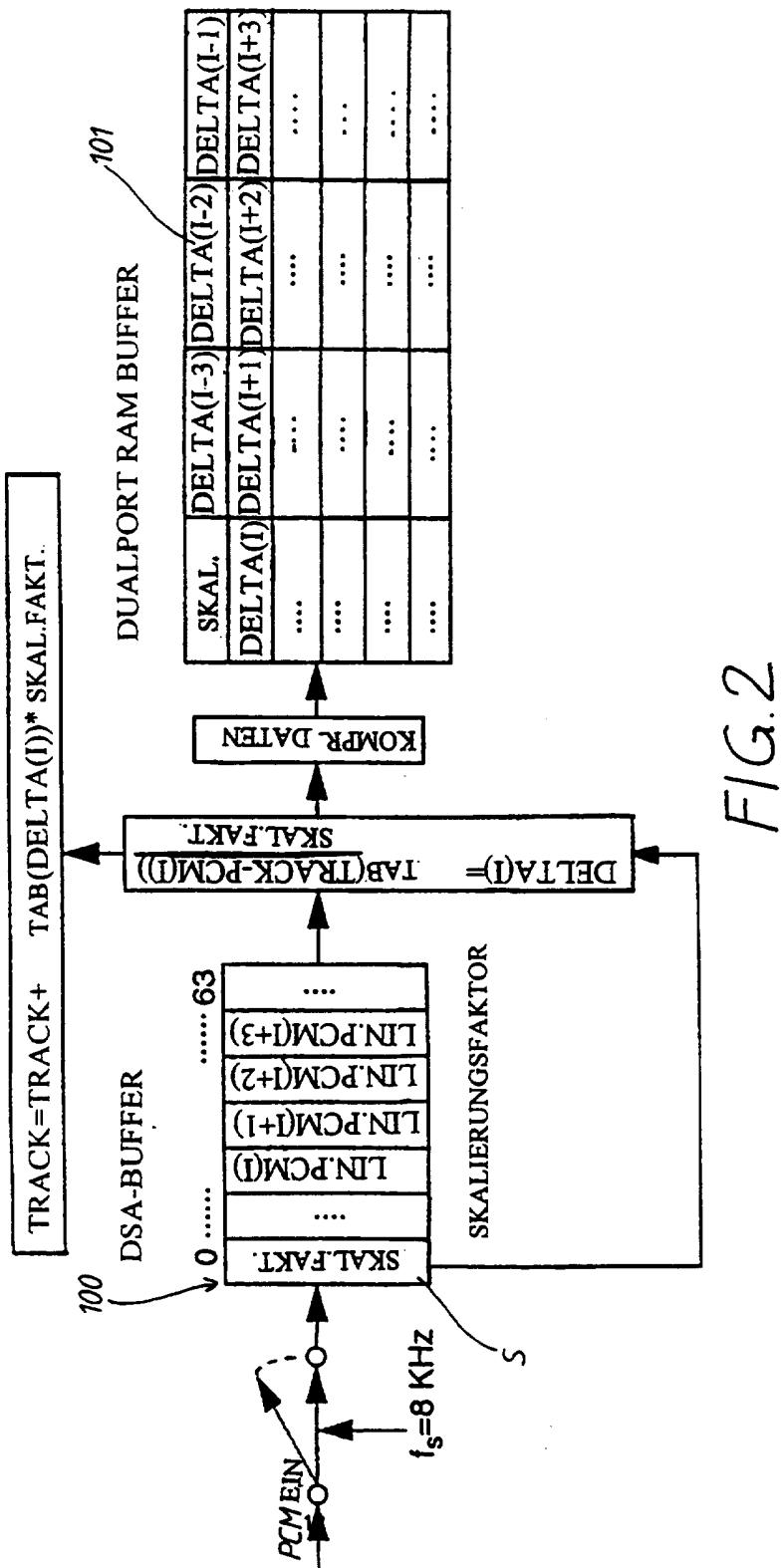


FIG. 1



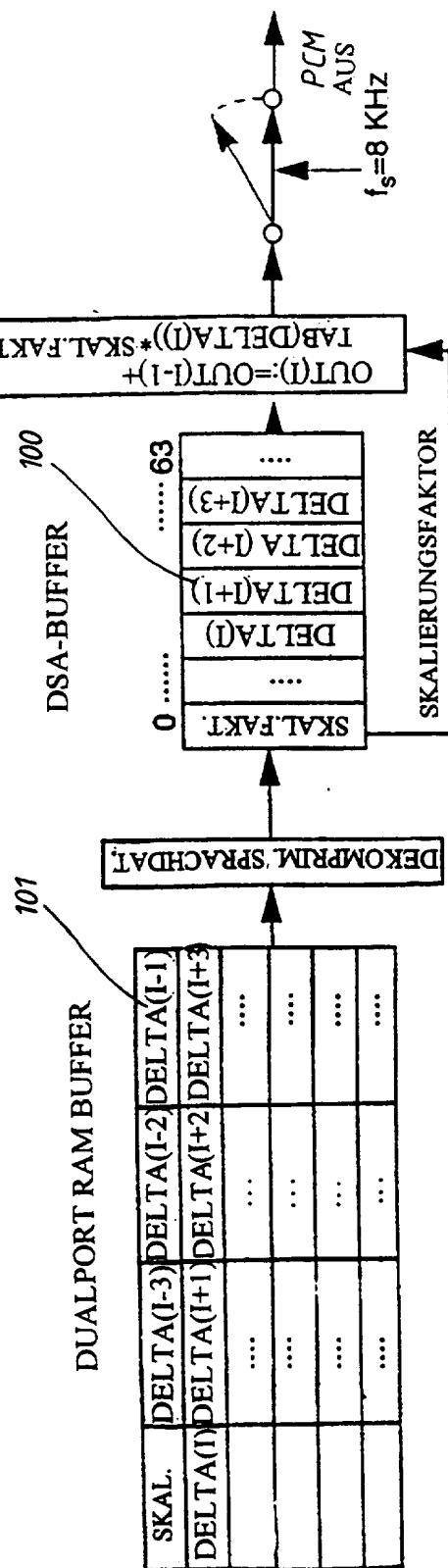
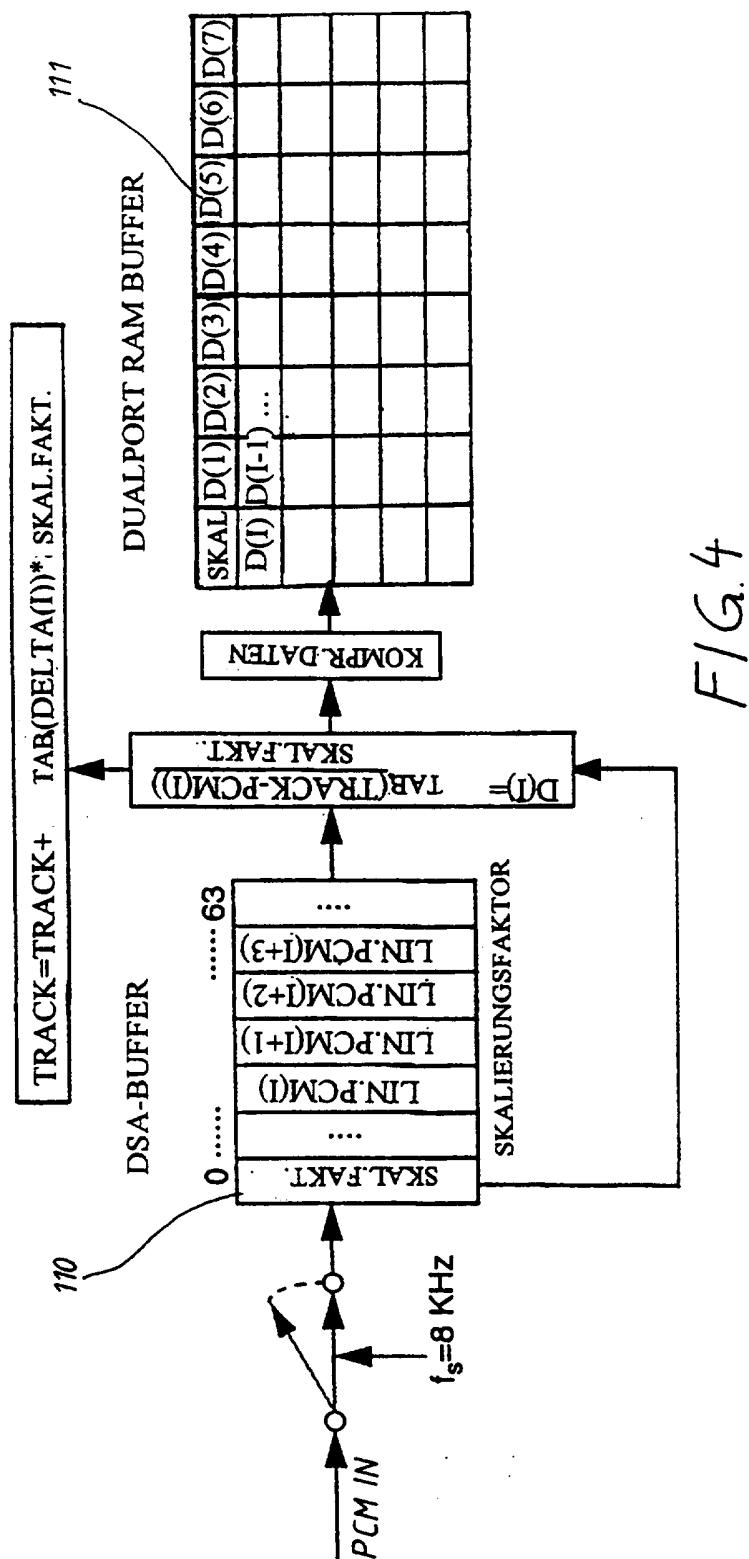


FIG. 3



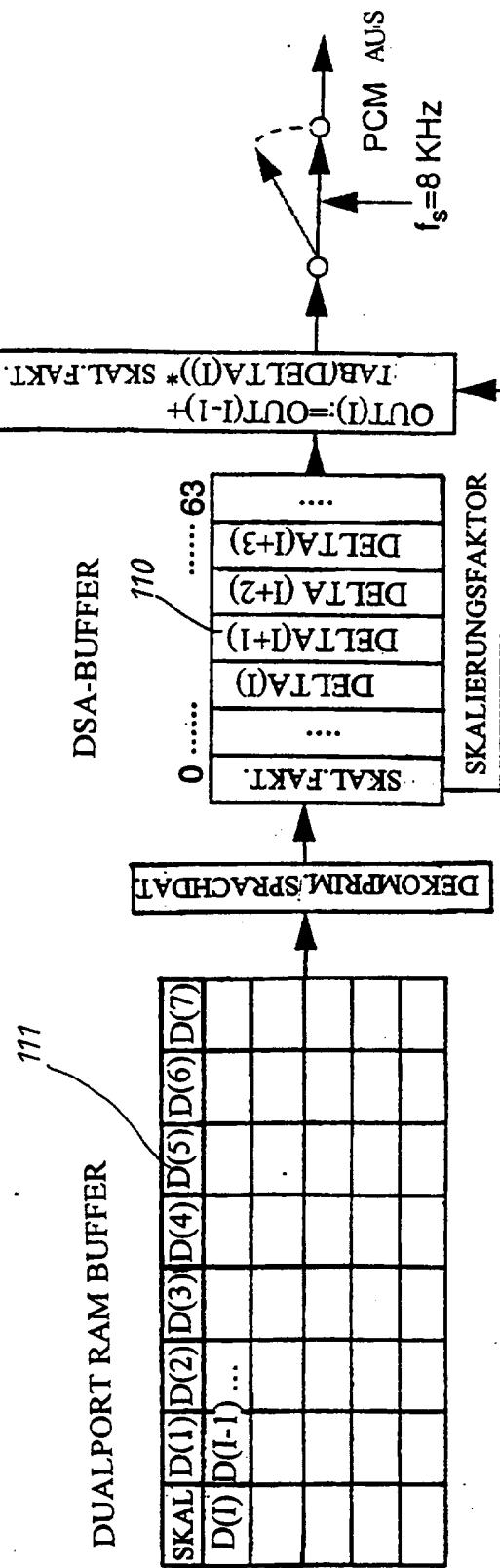


FIG. 5

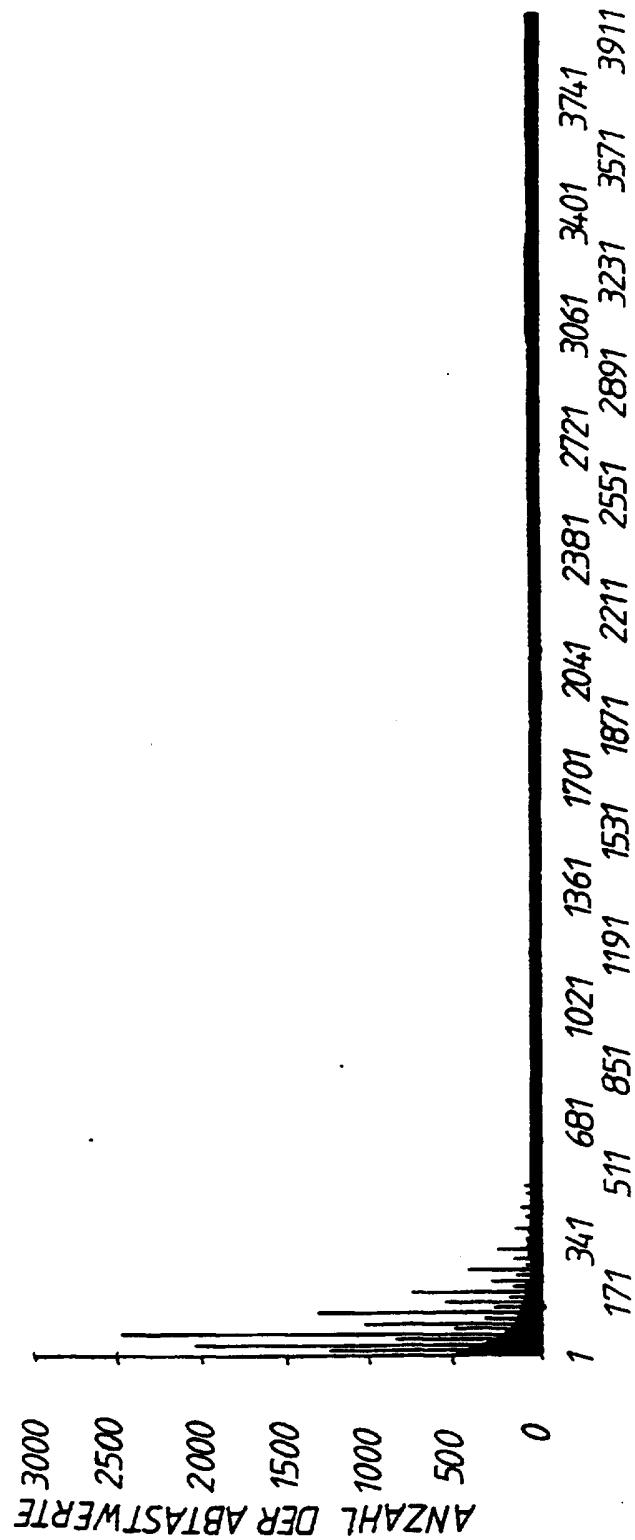


FIG. 6

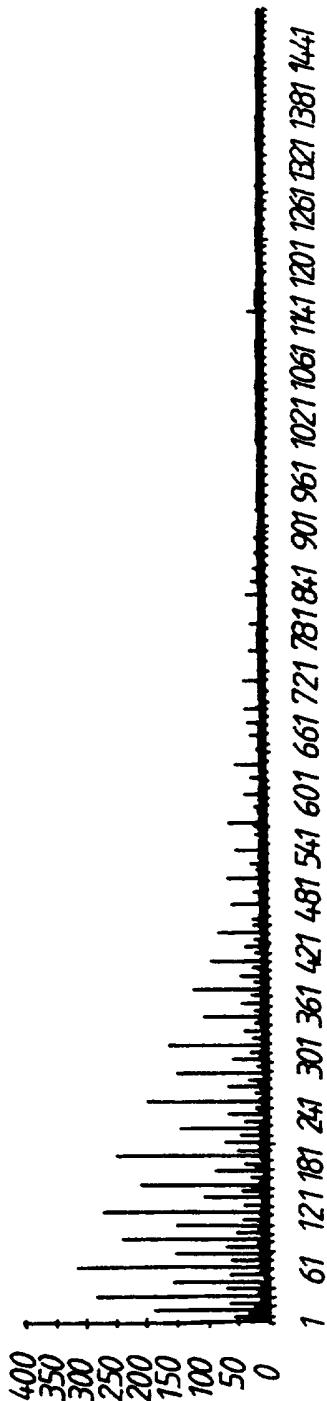


FIG. 7

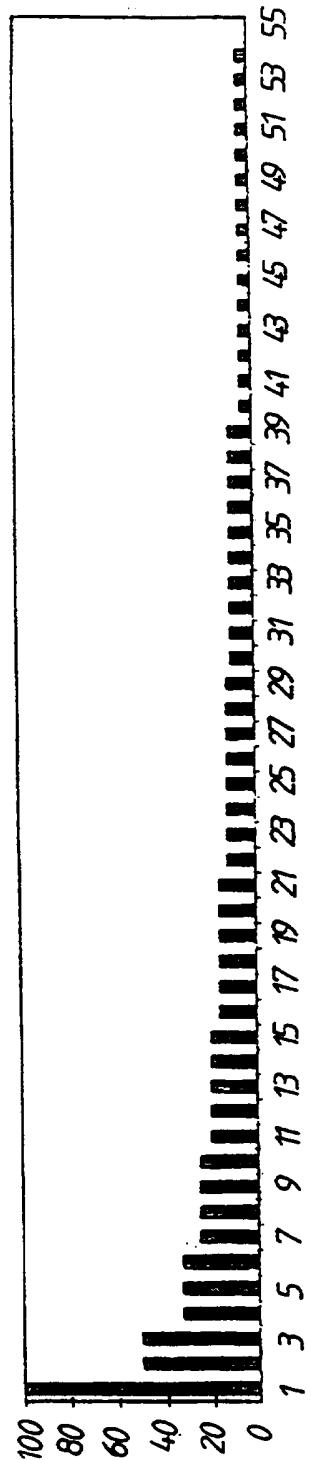


FIG. 8

