

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 193 143 B1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag der Patentschrift: **06.05.92**

(51) Int. Cl.⁵: **H04B 1/66**

(21) Anmeldenummer: **86102329.9**

(22) Anmeldetag: **22.02.86**

(54) Verfahren zur Übertragung eines Audiosignals.

(30) Priorität: **27.02.85 DE 3506912**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.09.86 Patentblatt 86/36

(45) Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung:
06.05.92 Patentblatt 92/19

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE FR GB IT LI LU NL SE

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-81/02234
WO-A-83/03935
DE-A- 3 102 822
US-A- 4 330 689

ICASSP 82 PROCEEDINGS, IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH AND SIGNAL PROCESSING, Paris, 3.-5. Mai 1982, Band 3, Seiten 1696-1699, IEEE, New York, US; K. ANNAMALAI et al.: "An adaptive transform coding system with short primary blocklengths and frequency domain quantization using feedback adaptation"

(73) Patentinhaber: **TELEFUNKEN Fernseh und Rundfunk GmbH**
Göttinger Chaussee 76
W-3000 Hannover 91(DE)

(72) Erfinder: **Krahé, Detlef, Dipl.-Ing.**
Kommandantenstrasse 60
W-4100 Duisburg 1(DE)

(74) Vertreter: **Einsel, Robert, Dipl.-Ing.**
TELEFUNKEN Fernseh und Rundfunk GmbH
Göttinger Chaussee 76
W-3000 Hannover 91(DE)

EP 0 193 143 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Bei der Übertragung eines Audiosignals z.B. bei der Rundfunkübertragung, Kabelübertragung, Satelliten-Strecken und Aufzeichnungsgeräten, ist es aus der WO 81/02234 und WO 83/03935 bekannt, das analoge Audiosignal in ein digitales Audiosignal mit einer bestimmten Auflösung (Bits pro Abtastwert) umzuwandeln, in dieser Form zu übertragen und bei der Wiedergabe wieder in ein analoges Signal umzusetzen. Durch die digitale Übertragung wird insbesondere bei der Wiedergabe ein größerer Störabstand erreicht.

In der WO 81/02234 ist weiterhin offenbart, daß vor der Übertragung das Signal in ein das Kurzzeit-Spektrum darstellendes Signal $A(f)$ umgewandelt wird und Anteile dieses Signals auf Basis psychoakustischer Gesetzmäßigkeiten (Physiologischen Eigenschaften des menschlichen Gehörs) bei der Kodierung (Spektrums-Gewichtungs-Stufe 3 und Datenreduktions-Stufe B) des zu übertragenden analogen Signals in ihrer Darstellungsgenauigkeit verschieden gewichtet werden.

Die für die Übertragung eines solchen Signals erforderliche Bandbreite ist im wesentlichen bestimmt durch die Zahl der zu übertragenden Abtastwerte pro Zeiteinheit sowie durch die Auflösung (Bits pro Abtastwert).

In der Praxis besteht die Forderung, die für die Übertragung notwendige Bandbreite möglichst klein zu halten, um mit einem schmalbandigen Kanal auszukommen oder um über einen vorhandenen Kanal möglichst viele Audiosignale gleichzeitig übertragen zu können. Die erforderliche Bandbreite läßt sich an sich verringern durch eine Reduzierung der Abtastwerte oder der Anzahl der Bits pro Abtastwert. Diese Maßnahme hat aber in der Regel eine Verschlechterung bei der Wiedergabe zur Folge.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Übertragung eines digitalen Audiosignals zu schaffen, das mit einer geringeren mittleren Bitrate pro Abtastwert auskommt, ohne daß bei der Wiedergabe die Qualität merkbar beeinflußt wird.

Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 beschriebene Erfindung gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Die Erfindung beruht auf folgenden Erkenntnissen und Überlegungen. Das digitale Audiosignal im Zeitbereich, das somit zeitlich nacheinander die einzelnen Abtastwerte des analogen Signales darstellt, wird in zeitlich aufeinanderfolgenden Abschnitten in ein Kurzzeit-Spektrum transformiert, welches jeweils für die Kurzzeit, z.B. 20 ms, die Spektralkomponenten des Signales darstellt. In dem Kurzzeit-Spektrum lassen sich aufgrund psychoakustischer Erkenntnisse im allgemeinen Kom-

ponenten, die vom Hörer nicht wahrgenommen werden, also im nachrichtentechnischen Sinn irrelevant sind, besser auffinden, als im Zeitbereich. Deshalb werden derartige Komponenten erfindungsgemäß bei der Übertragung weniger gewichtet oder ganz weggelassen. Durch diese Maßnahme kann bei der Übertragung ein beträchtlicher Teil der an sich notwendigen Bits entfallen, so daß die mittlere Bitrate für eine bestimmte Anzahl von Abtastwerten beträchtlich verringert werden kann.

Derartige irrelevante Komponenten des Spektrums sind z.B. Komponenten, die eine bestimmte Amplitude relativ zu einer im Spektrum naheliegenden Maximalamplitude nicht überschreiten. Vorzugsweise können solche Komponenten bei der Übertragung ohne bemerkbare Beeinträchtigung der Wiedergabequalität weggelassen werden. Derartige Komponenten werden nämlich aufgrund psychoakustischer Gesetzmäßigkeiten durch einen sogenannten Verdeckungseffekt vom Hörer nicht wahrgenommen. Für einen derartigen Verdeckungseffekt sind die zeitliche Lage zwischen den Komponenten sowie ihre gegenseitige Frequenz- und Amplitudenlage entscheidend.

Da für den Verdeckungseffekt gewisse Zeitkonstanten maßgeblich sind, wird das Signal durch Zeitfenster (engl. window) in zeitlich aufeinanderfolgende Blöcke mit einer Dauer in der Größenordnung von 20 ms aufgeteilt, da innerhalb eines derartigen Zeitraumes die Verdeckungsschwellen oder Mithörschwellen nicht wesentlich abfallen. Jeweils das Signal eines derartigen Blockes wird dann in das Kurzzeit-Spektrum transformiert und bei der Codierung auf irrelevante Anteile hin untersucht.

Das Gehör bildet Frequenzbänder, sogenannte Gruppen, die bei dem Verdeckungseffekt eine wesentliche Rolle spielen. Die Aufteilung in Frequenzgruppen und die Verdeckung sind bekannt und beschrieben auf Seite 46 ff in E. Zwicker, Psychoakustik, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York 1982. Jede dieser Frequenzgruppen wird bei der Codierung einzeln ausgewertet und auf irrelevante Komponenten hin untersucht. Die Frequenzauflösung ist dabei so fein, daß die schmalste Frequenzgruppe mit einer Breite von etwa 100 Hz noch erfaßt wird. Für die Umwandlung des Signals aus dem Zeitbereich in den Frequenzbereich wird vorzugsweise eine Fourier-Transformation, z.B. eine sogenannte Fast Fourier Transformation angewendet.

Weitere wesentliche Merkmale und Vorteile der erfindungsgemäßen Lösung ergeben sich aus dem Ausführungsbeispiel, das im folgenden anhand der Zeichnung erläutert wird. Darin zeigen:

- Fig. 1 den zeitlichen Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens,
- Fig. 2 die Fensterung des Signales zur Er-

- zielung der aufeinanderfolgenden Blöcke,
- Fig. 3 bei der Fensterung angewendete Amplituden-Kennlinien,
- Fig. 4 Aufteilung des Frequenzbandes des Kurzzeit-Spektrums in einzelne Frequenzbereiche und die Amplitudenauswertung der Komponenten und
- Fig. 5 eine zusätzliche Behandlung des Signales für einen speziellen Signalinhalt.

In Figur 1 wird das Analog-Signal $a(t)$, das ein Audiosignal wie z.B. Sprache oder Musik darstellt, in dem Analog/Digital-Wandler 1 in ein entsprechendes digitales Audiosignal umgewandelt. In der Stufe 2 erfolgt durch zeitlich aufeinanderfolgende und überlappende Zeitfenster eine sogenannte Fensterung dieses Signales. Das Signal wird dabei in zeitlich aufeinanderfolgende Blöcke mit je einer Dauer von 20 ms aufgeteilt, derart, daß jeweils das Signal eines Blockes für sich getrennt weiter bearbeitet werden kann. In der Stufe 3 erfolgt eine Vorverarbeitung des Signales, deren Bedeutung später erläutert wird. In der Stufe 4 wird jeweils das digitale Signal eines Zeitfensters oder eines Blockes durch eine Transformation in ein Frequenz-Spektrum umgesetzt. Am Ausgang der Stufe 4 steht also während der zeitlich aufeinanderfolgenden Blöcke jeweils ein Signal, das für die Dauer eines Zeitfensters oder Blockes die Spektral-komponenten des Signals über das gesamte Frequenzband darstellt. Die Stufe 4 bewirkt also die Umsetzung des Signals im Zeitbereich in das das Spektrum darstellende Signal im Frequenzbereich.

Das Signal von der Stufe 4 gelangt zum Coder 5. Hier erfolgt eine Codierung nach psychoakustischen Gesichtspunkten. Das bedeutet, daß Spektralkomponenten, die bei der Wiedergabe insbesondere aufgrund von Verdeckungseffekten ohnehin nicht wahrgenommen werden, bei der Codierung geringer gewichtet oder weggelassen werden. Eine derartige Verarbeitung des Kurzzeit-Spektrums ist möglich z.B. mit Hilfe eines Rechners.

Das derart codierte Signal gelangt über den Sender 6 zum Nachrichtenkanal 7. Durch die erzielte Verringerung der mittleren Bitrate kann dieser Nachrichtenkanal entsprechend schmalbandig bemessen werden. Auf den Nachrichtenkanal 7 folgt der Empfänger 8, der im wesentlichen die zum Sender inversen Funktionen ausführt. Das Signal gelangt zunächst zu einem Decoder 9, der entsprechend dem Coder 5 die Decodierung bewirkt. In der Stufe 10 wird das so gewonnene, das Spektrum-darstellende Signal im Frequenzbereich wieder in ein digitales Signal im Zeitbereich umgesetzt. In der Stufe 11 wird das Signal wieder zu einem einheitlichen kontinuierlichen digitalen Signal zusammengesetzt und die Vorverarbeitung der Stu-

fe 3 berücksichtigt. Dann wird das Signal dem Digital/Analog-Wandler 12 zugeführt. Der Wandler 12 liefert wieder das Analogsignal $b(t)$. Dieses Signal ist mit dem Signal $a(t)$ nicht identisch, weil im Coder 5 bei der Codierung Spektral-Komponenten unterschiedlich gewichtet oder unterdrückt wurden. Der Unterschied zwischen den Analogsignalen $b(t)$ und $a(t)$ ist aber so, daß er bei der Wiedergabe vom Hörer nicht bemerkt wird. In dem Signal wird also lediglich Irrelevanz, für den Hörer unhörbare Information, beseitigt, um die notwendige Bitrate bei der Übertragung über den Nachrichtenkanal 7 zu verringern, speziell wird der Entscheidungsgehalt verringert.

Figur 2 A - C zeigen die Fensterung des Signales in der Stufe 2. Das Signal $a(t)$ wird mit einem Zeitfenster mit der Amplituden-Kennlinie WA von t_1 - t_7 ausgewertet, d.h. die Signalwerte des Signals $a(t)$ gemäß Figur 2 A werden mit den Werten der Kennlinie WA gemäß Figur 2 B multipliziert. Die Kennlinie hat von t_1 - t_2 einen über eine Viertelperiode sinusförmigen und von t_6 - t_7 einen über eine Viertelperiode cosinusförmigen Verlauf und dazwischen von t_2 - t_6 den konstanten Wert 1. Der stetige Verlauf von t_1 - t_2 und t_6 - t_7 ist notwendig, da bei einer derartigen Aufteilung in zeitlich aufeinanderfolgende Blöcke, der sogenannten Fensterung, ein Sprung zwischen Null und einem endlichen Wert bei einer Fourier Transformation ein sehr breites Frequenzspektrum erzeugen würde. Durch die Multiplikation des Signals $a(t)$ mit der Kennlinie WA entsteht das Signal A gemäß Figur 2 C, das somit in den Zeiträumen t_1 - t_2 und t_6 - t_7 in der Amplitude verzerrt ist. Diese Fensterung, d.h. zeitselektive Auswertung, die in Figur 1 in der Stufe 2 erfolgt, wird in Figur 2 A - C anhand analoger Signale dargestellt. In Wirklichkeit sind das Signal $a(t)$ und WA digitale Signale, so daß von t_1 - t_7 jeweils digitale Signalwerte miteinander multipliziert werden.

Jeweils das Signal eines Zeitfensters t_1 - t_7 , d.h. eines Blockes, wird gemäß Figur 1 in der Stufe 4 in das Kurzzeit-Spektrum umgewandelt. Figur 2 D zeigt den Verlauf der Amplitude über der Frequenz f und Figur 2 E den Verlauf der Phase über der Frequenz f für ein derartiges Signal. Auf der Empfängerseite erfolgt der in den Figuren 2 A - E dargestellte Verlauf in umgekehrter Reihenfolge. Die Amplitude und die Phase werden als digitale Signale empfangen und mit Hilfe einer Inversen Fast Fourier Transformation und einer Digital/Analog-Wandlung wieder in ein analoges Signal $b(t)$ umgesetzt.

Figur 3 zeigt die Amplituden-Kennlinien für die aufeinanderfolgenden Zeitfenster bei auf der Sendeseite und auf der Empfangsseite. Die Zeitfenster auf der Sendeseite in der Stufe 2 haben den Verlauf WA (A = Analyse) gemäß Figur 3 A. t_1 - t_2

und $t_6 - t_7$ sind Überlappungszeiträume, in denen zwei Zeitfenster wirksam sind. Ein Zeitfenster erstreckt sich über 1024 Abtastwerte, wobei die Überlappung etwa 64 Abtastwerte, das sind 6,25 % der Dauer des Zeitfensters beträgt. Die in Figur 3 A dargestellte Amplituden-Kennlinie gilt in gleicher Weise für die Empfangsseite und wird in der Stufe 11 realisiert (WS = Window Synthese). In der Zeit $t_2 - t_6$ durchläuft das Signal ohne Amplitudenbeeinflussung, also mit dem Faktor 1, den in Figur 1 dargestellten Weg. Ein Abtastwert während des Überlappungszeitraumes $t_1 - t_2$ wird zunächst in der Stufe 2 mit dem Sinus multipliziert. Da die gleiche Kurve auf der Empfangsseite in der Stufe 11 wirksam ist, wird dieser Abtastwert insgesamt mit $\sin^2(x)$ multipliziert, was eine Abschwächung der Amplitude dieses Abtastwertes mit dem Faktor $\sin^2(x)$ bedeuten würde. Während der Zeit $t_1 - t_2$ ist aber zusätzlich die abfallende, cosinusförmige Flanke des vorangehenden Zeitfensters wirksam, so daß derselbe Abtastwert durch die cosinusförmige Flanke insgesamt mit $\cos^2(x)$ multipliziert wird. Wegen der linearen Überlagerung der beiden Signale und der mathematischen Beziehung

$$\sin^2(x) + \cos^2(x) = 1$$

ergibt sich somit auch während der Überlappungszeiträume der konstante Amplitudenfaktor 1. Dies ist in Figur 3 B durch die obere waagerechte Linie in den Überlappungszeiträumen $t_1 - t_2$ und $t_6 - t_7$ dargestellt. Insgesamt ergibt sich also ständig für das Signal der Amplituden-Übertragungswert 1, so daß keine Amplitudenverfälschung des Signales auftritt.

Figur 4 zeigt den Amplitudenverlauf der Spektrallinien eines Kurzzeit-Frequenzspektrums, wie es am Ausgang der Stufe 4 in Figur 1 steht. Das gesamte Frequenzband des Kurzzeit-Spektrums $f_1 - f_{15}$ ist in eine Vielzahl von Frequenzgruppen $f_1 - f_2$, $f_2 - f_4$, $f_4 - f_{12}$, $f_{12} - f_{14}$ und $f_{14} - f_{15}$ aufgeteilt. In den einzelnen Frequenzgruppen werden die Spektrallinien nach psychoakustischen Gesichtspunkten untersucht und gewichtet. Nur die dominanten Amplitudenwerte werden übertragen, irrelevante Amplitudenwerte werden weniger gewichtet oder unterdrückt. Das absolute Maximum 15 des gesamten Frequenzbandes wird zunächst als absoluter Wert mit 12 - 16 Bit übertragen. Die Maxima 14, 16, 17, 18 der übrigen Frequenzgruppen werden mit einer Genauigkeit von 8 Bit übertragen, und zwar in ihrer relativen Lage zum absoluten Maximum 15. Die übrigen Werte 20 - 26 der Frequenzgruppe $f_4 - f_{12}$ werden ihrerseits auf den Maximalwert 16 bezogen, d.h. ihre Abweichung vom Maximalwert 16 wird übertragen. Hierzu ist der Amplitudenbereich ausgehend vom Maximum 16 in drei Bereiche A1, A2, A3 mit je 10 dB und einem

Bereich A4 für den Rest aufgeteilt. Jeweils in einem Amplitudenbereich liegende Signalwerte 16, 20, 21 bzw. 22, 23 bzw. 24 bzw. 25, 26 werden als ein einheitlicher Wert übertragen. Zwischen den Werten 16, 20, 21 bzw. 22, 23 bzw. 25, 26 wird also nicht unterschieden. Die Amplitudenwerte 25, 26 bei den Frequenzen f_{10}, f_{11} , die den Wert von 30 dB unterhalb des Maximum 16 unterschreiten, werden zu Null gesetzt. Die Phase der Werte 25, 26 wird nicht übertragen. Diese Spektralkomponenten wären wegen ihrer dichten Lage zum Wert 16 und ihrer geringen Amplitude aufgrund des Verdeckungseffektes ohnehin nicht mehr wahrnehmbar. In der Praxis wird das gesamte Frequenzband $f_1 - f_{15}$ in 26 Frequenzgruppen aufgeteilt, von denen in Figur 4 zur Vereinfachung nur 5 dargestellt sind. Durch die Aufteilung in die Amplitudenbereiche A1, A2, A3, A4 genügen für die Übertragung der Amplitudenwerte 20 - 26 relativ zum Maximum 16 insgesamt 2 Bit. Für jeden übertragenen Amplitudenwert, der in den Bereichen A1 - A3 liegt, werden 2 Bit für den dazugehörigen Phasenwert übertragen.

Durch die grobe Quantisierung der Amplituden- und Phasenwerte mit 2 Bit wird bereits eine erhebliche Reduktion der zur Übertragung erforderlichen Datenmenge vorgenommen. Durch den Wegfall von Komponenten, nämlich der Phasenwerte für die Amplitudenwerte 25, 26 in der Frequenzgruppe $f_4 - f_{12}$, werden bei der Übertragung aber zusätzlich Bits eingespart. Diese freigewordenen Bits können zur Übertragung einer feineren Amplitudeneinteilung in den Bereichen A1 - A3 verwendet werden. Hierzu wird beispielsweise jeder Bereich A1 - A3 in zwei Bereiche von je 5 dB aufgeteilt. Dabei wird jedem Frequenzwert 20 - 24 ein Bit zugeordnet, das anzeigt, ob der Amplitudenwert, z.B. 20, 21 innerhalb der ersten 5 dB oder der zweiten 5 dB unterhalb des Maximum 16 liegt. Die Zuordnung dieser Bits geschieht aufgrund einer Tabelle 28, die senderseitig erstellt wird und empfangnerseitig rekonstruierbar ist. Dazu wird über den gesamten Verlauf des Frequenzspektrums gemäß Figur 4 ein Raster 27 mit einer Einteilung in Stufen von 6 dB gelegt. Die Amplitudenwerte 20 - 24 werden also diesem Raster zugeordnet. Die Tabelle 28 ordnet jedem Amplitudenwert 20 - 24 eine bestimmte Lage zum Maximum 16 zu. Die Tabelle 28 beginnt mit dem niedrigsten Frequenzwert und zeigt anhand der Zeile die Lage jeweils zu dem Maximum des entsprechenden Frequenzbereiches an.

Stehen weitere freie Bits zur Verfügung, so wird eine Aufteilung der 5 dB Bereiche in 2,5 dB Bereiche vorgenommen. Die Aufteilung läßt sich beliebig fortsetzen. Die Einsparung von Bits und Verwendung dieser Bits für eine Verfeinerung der Auflösung wird als adaptive Quantisierung bezeichnet.

Figur 5 zeigt die Vorverarbeitung eines plötzlichen Schallereignisses 29, das innerhalb eines Zeitfensters $t_1 - t_7$ im Zeitpunkt t_9 auftritt. Ein solches Schallereignis kann z.B. ein Triangelanschlag sein. Die beschriebene Vorverarbeitung erfolgt in Figur 1 in der Stufe 3. Dem Schallereignis 29 geht noch ein Vorschwinger zwischen t_8 und t_9 voraus, der aber durch eine Vorverdeckung nicht hörbar ist. Bei der Umwandlung in das Frequenzspektrum in der Stufe 4 in Figur 1 entsteht jeweils ein Signal im Frequenzbereich, das die Spektralverteilung im Fenster $t_1 - t_7$ angibt. Da bei diesem Signal die Zuordnung von Spektrallinien zu einzelnen Zeitpunkten innerhalb eines Zeitfensters nicht mehr gegeben ist, würde das Ereignis 29 über das gesamte Zeitfenster $t_1 - t_7$ gemittelt also quasi verschmiert. Dadurch kann eine hörbare Verfälschung eintreten.

Zur Vermeidung dieses noch denkbaren Fehlers ist ein Zeitfenster $t_1 - t_7$ oder auch Block in 32 Unterblöcke aufgeteilt. Die Amplituden der einzelnen Unterblöcke werden ermittelt. Sobald ein Amplitudensprung zwischen zwei Unterblöcken von mehr als 20 dB auftritt, in Figur 5 bedingt durch das Ereignis 29, wird eine zusätzliche Maßnahme ausgelöst. Diese besteht darin, daß das Signal vor dem Amplitudensprung durch ein Kompenderverfahren auf der Sendeseite in der Amplitude angehoben und auf der Empfängerseite wieder entsprechend abgesenkt wird. Dadurch werden die genannten Fehler durch die Verschmierung des kurzzeitigen Ereignisses über das ganze Zeitfenster verringert.

Fig. 6 zeigt eine Alternative zur Übertragung feinerer Amplitudeneinteilungen. Ein Gitter 40 wird über das Frequenzspektrum gelegt. Die oberste Grenze dieser Tabelle schließt mit dem absoluten Maximum 15 ab. Das Gitter 40 weist maximal sechzehn 6 dB Stufungen auf und erstreckt sich somit über einen Bereich von 96 dB. Aufgrund dieses Gitters 40 wird eine Tabelle 41 erstellt. Die Tabelle wird empfängerseitig erstellt und ist senderseitig rekonstruierbar. Das heißt, daß die Lage der Werte 42,44,43,20, 21,22,23 und 45 in der Tabelle rekonstruierbar ist. Die Tabelle zeigt mit Hilfe eines Bits (0 oder 1) an, ob ein zugehöriger Wert im 5 dB Bereich oder im 6 - 10 dB Bereich der Bereiche A1 - A3, A5 - A7 liegt. Zur feineren Amplitudeneinteilung wird also nur ein Bit für einen Wert übertragen. Für den Wert 20 wird eine 0 übertragen, um anzuzeigen, daß der Wert 20 in dem 0 - 5 dB Bereich von A1 liegt. Die Werte 42 und 44 werden der 0 dB Zeile zugeordnet, die Werte 43,20,21 der 6 dB Zeile, die Werte 22,23 der 12 dB Zeile, der Wert 45 der 18 dB Zeile. Die zu den Werten gehörenden Bits werden zeilenweise mit der 0 dB Zeile beginnend gemäß Tabelle 41 übertragen. Die Übertragungszeit für alle Frequenz-

spektren ist gleich. Je nachdem, wieviele Bits durch die grobe Quantisierung der Amplituden- und Phasenwerte eingespart werden, umso mehr Bits können aus der Tabelle 41 übertragen werden. Das heißt, daß Bits aus der ersten Zeile 0 dB mit einer höheren Wahrscheinlichkeit als Bits aus den folgenden Zeilen übertragen werden. Die punktierte Linie 46 legt die Grenze zwischen den Linien 47 und 48. Das Bit zum Wert 23 wird mit größerer Wahrscheinlichkeit übertragen als das Bit zum Wert 45, obwohl der Betrag des Wertes 45 größer als der Betrag des Wertes 23 ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Übertragung eines Audiosignals, bei dem das analoge Signal in ein digitales Signal umgewandelt, vor der Übertragung in ein das Kurzzeitspektrum darstellendes Signal umgesetzt und das gesamte Frequenzband in mehrere Frequenzgruppen aufgeteilt wird, Signale in den Frequenzgruppen auf Basis psychoakustischer Gesetzmäßigkeiten bei der Codierung des zu übertragenden Signals in ihrer Darstellungsgenauigkeit verschieden gewichtet werden, das codierte Signal übertragen, nach der Übertragung decodiert, rücktransformiert und wieder in ein analoges Signal umgesetzt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Wert des absoluten Betragsmaximums des gesamten Frequenzbandes als absolute Größe und für die Betragsmaxima der übrigen Frequenzgruppen vom jeweiligen transformierten Betragswerte in Frequenzgruppen vom jeweiligen Betragsmaximum aus oberhalb einer Schwelle in Wertebereiche aufgeteilt werden und die im gleichen Wertebereich liegenden Betragswerte als gleicher Wert übertragen werden, daß Betragswerte unterhalb der Schwelle zu Null gesetzt werden und für die Übertragung bisher nicht benötigte, freie Bits zur feineren Unterteilung der Wertebereiche ausgenutzt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Umwandlung durch eine Fourier-Transformation (FT) erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Transformation eine Fast Fourier Transformation (FFT) ist.
4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kurzzeit in der Größenordnung von 20 ms liegt.

5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß Anteile des Signals bei der Codierung geringer gewichtet oder unterdrückt werden. 5
6. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß Anteile des Signals mit abnehmender Amplitude geringer gewichtet werden. 10
7. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß Anteile des Signals unterhalb einer bestimmten Amplitude bei der Codierung unterdrückt werden (25,26 in Fig. 4). 15
8. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß Anteile des Signals in Abhängigkeit von ihrer Amplitude und ihrem Frequenzabstand zu verdeckenden Spektralkomponenten größerer Amplitude geringer gewichtet oder unterdrückt werden. 20
9. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Signal durch Zeitfenster (t_1 - t_7) in zeitlich aufeinanderfolgende Blöcke aufgeteilt wird, die je in eine das Kurzzeit-Spektrum darstellende Signalfolge umgewandelt werden. 25
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Zeitfenster einander zeitlich überlappen. 30
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Überlappungszeit (t_1 - t_2 ; t_6 - t_7) in der Größenordnung von 5 - 8 %, z.B. 6,25 % der Dauer eines Zeitfensters liegt. 35
12. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Amplituden-Kennlinie (WA, WS) der Zeitfenster auf der Sende- und Empfangsseite identisch ist (Fig. 3). 40
13. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Amplituden-Kennlinie (WA, WS) der Blöcke während der Überlappungszeit (t_1 - t_2 ; t_6 - t_7) einen stetig ansteigenden bzw. abfallenden Verlauf hat. 45
14. Verfahren nach Anspruch 12 und/oder 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Verlauf der Amplituden-Kennlinie (WA, WS) während der Überlappungszeit so bemessen ist, daß während dieser Zeit die Summe aus den Produkten der Amplituden-Kennlinie (WA, WS) über Sende- und Empfangsseite = 1 ist. 50
15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß die abfallende Flanke der Amplituden-Kennlinie am Ende eines Zeitfensters einen cosinusförmigen Verlauf und die ansteigende Flanke der Kennlinie zu Beginn des Zeitfensters einen sinusförmigen Verlauf hat. 55
16. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß jeweils die Werte der Amplituden-Maxima (14, 15, 16, 17, 18) einer Frequenzgruppe übertragen werden (Fig. 4).
17. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Block jeweils in mehrere (32) Unterblöcke aufgeteilt wird und jeweils dann, wenn von einem Unterblock zum nächsten ein Amplitudensprung oberhalb eines bestimmten Wertes (29 dB) auftritt, die Amplitudenwerte in den zeitlich vorausgehenden Unterblöcken für die Übertragung mit einem Kompondersystem angehoben werden (Fig. 5).
18. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Spektrum nach Betrag und Phase dargestellt wird.
19. Verfahren zur Übertragung eines Audiosignals, bei dem das analoge Signal in ein digitales Signal umgewandelt, vor der Übertragung in ein das Kurzeitspektrum darstellendes Signal umgesetzt wird, wobei das gesamte Frequenzband in mehrere Frequenzgruppen aufgeteilt wird, Signaleile in den Frequenzgruppen auf Basis psychoakustischer Gesetzmäßigkeiten bei der Codierung des zu übertragenden Signals in ihrer Darstellungsgenauigkeit verschieden gewichtet werden, das codierte Signal übertragen, und nach der Übertragung decodiert, rücktransformiert und wieder in ein analoges Signal umgesetzt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß die transformierten Betragswerte in Frequenzgruppen vom jeweiligen Betragsmaximum aus oberhalb einer Schwelle im Wertebereich aufgeteilt werden und die im gleichen Wertebereich liegenden Betragswerte als gleicher Wert übertragen werden, und daß Betragswerte unterhalb der Schwelle zu Null gesetzt werden.
20. Verfahren nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Unterteilung der Wertebereiche von der Anzahl der zur Verfügung stehenden freien Bits abhängt.

Claims

1. Method for transmitting an audio signal, in which the analog signal is converted into a digital signal, is transformed prior to the transmission into a signal representing the short-time spectrum, and the whole frequency band is divided up into a plurality of frequency groups, signal components in the frequency groups are weighted differently in their representational accuracy on the basis of psychoacoustic laws for the coding of the signal to be transmitted, the code signal is transmitted, after the transmission decoded, inverse-transformed and converted again into an analog signal, characterised in that the value of the absolute maximum amount of the whole frequency band as an absolute quantity for the maximum magnitudes of the remaining frequency groups are divided up into value ranges from the respective transformed magnitude value in frequency groups starting from the respective maximum magnitude above a threshold and the magnitude values lying in the same value range are transmitted as the same value, that magnitude values below the threshold are set as zero and free bits not required so far for the transmission are used for the more detailed subdivision of the value ranges. 5
2. Method according to claim 1, **characterised in that** the transformation is carried out by a Fourier transform (FT). 10
3. Method according to claim 2, **characterised in that** the transformation is a Fast Fourier transform (FFT). 15
4. Method according to claim 1, **characterised in that** the short time lies in the order of magnitude of 20 ms. 20
5. Method according to claim 1, **characterised in that** components of the signal are weighted less strongly or suppressed for the coding. 25
6. Method according to claim 1, **characterised in that** components of the signal with decreasing amplitude are weighted less strongly. 30
7. Method according to claim 1, **characterised in that** components of the signal below a certain amplitude are suppressed for the coding (25, 26 in Fig. 4). 35
8. Method according to claim 1, **characterised in that** components of the signal are weighted less strongly or suppressed as a function of their amplitude and their frequency spacing from covering spectral components of greater amplitude. 40
9. Method according to claim 1, **characterised in that** the signal is divided up by time windows ($t_1 - t_7$) into blocks succeeding one another in time which are each transformed into a signal sequence representing the short-time spectrum. 45
10. Method according to claim 9, **characterised in that** the time windows overlap one another in time. 50
11. Method according to claim 10, **characterised in that** the overlapping time ($t_1 - t_2$; $t_6 - t_7$) lies in the order of magnitude of 5 - 8%, e.g. 6.25% of the duration of one time window. 55
12. Method according to claim 9, **characterised in that** the amplitude characteristic curve (WA, WS) of the time windows is identical on the transmission and the reception side (Fig. 3).
13. Method according to claim 9, **characterised in that** the amplitude characteristic curve (WA, WS) of the blocks has a continuously rising or descending shape during the overlapping time ($t_1 - t_2$; $t_6 - t_7$). 60
14. Method according to claim 12 and/or 13, **characterised in that** the shape of the amplitude characteristic curve (WA, WS) during the overlapping time is proportioned so that during this time the sum of the products of the amplitude characteristic curve (WA, WS) over transmission side and reception side equals 1. 65
15. Method according to claim 14, **characterised in that** the descending slope of the amplitude characteristic curve at the end of a time window has a cosinusoidal shape and the rising slope of the characteristic curve at the beginning of the time window has a sinusoidal shape. 70
16. Method according to claim 1, **characterised in that** the values of the amplitude maxima (14, 15, 16, 17, 18) of a particular frequency group are transmitted (Fig. 4). 75
17. Method according to claim 9, **characterised in that** each individual block is divided up into a plurality (32) of sub-blocks and whenever an

amplitude jump above a specific value (29 dB) occurs from one sub-block to the next, the amplitude values in the sub-blocks coming before in time are raised for the transmission by means of a compander system (Fig. 5).

18. Method according to claim 2, **characterised in that** the spectrum is represented in magnitude and phase.

19. Method for transmitting an audio signal, in which the analog signal is converted into a digital signal, is transformed prior to the transmission into a signal representing the short-time spectrum, in which the whole frequency band is divided up into a plurality of frequency groups, signal components in the frequency groups are weighted differently in their representational accuracy on the basis of psychoacoustic laws for the coding of the signal to be transmitted, the code signal is transmitted, and after the transmission decoded, inverse-transformed and converted again into an analog signal, **characterised in that** the transformed magnitude values are divided up into frequency groups starting from the respective maximum magnitude above a threshold in the value range and the magnitude values lying in the same value range are transmitted as the same value, and that magnitude values below the threshold are set as zero.

20. Method according to claim 19, **characterised in that** the subdivision of the value ranges depends on the number of free bits available.

Revendications

1. Procédé pour la transmission d'un signal son dans lequel le signal analogique est transformé en un signal numérique, est transformé avant transmission en un signal qui représente le spectre de courte durée et l'ensemble de la bande de fréquence est réparti en plusieurs groupes de fréquence, des fractions de signal dans les groupes de fréquence sont pondérées différemment quant à l'exactitude de leur représentation, sur la base de lois générales psychoacoustiques, lors du codage du signal à transmettre et dans lequel le signal codé est transmis, décodé, retransformé et transformé à nouveau en signal analogique après transmission, **caractérisé en ce que** la valeur du maximum absolu de l'ensemble de la bande de fréquence comme grandeur absolue pour les maxima des autres groupes de fréquence de la quantité respectivement transformée en groupes de fréquence à partir du maximum

respectif au-dessus d'un seuil est répartie en zones de valeur et que les quantités qui se trouvent dans la même zone de valeur sont transmises comme valeur égale, que les quantités au-dessous du seuil sont mises à zéro et que les bits libres qui n'ont pas été requis pour la transmission jusqu'à présent, sont utilisés pour une graduation plus fine des zones de valeur.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la transformation se fait par une transformation de Fourier.

3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la transformation est une transformation accélérée de Fourier.

4. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la courte durée est de l'ordre de 20 ms.

5. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** des fractions du signal sont moins pondérées ou sont supprimées lors du codage.

6. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** des fractions du signal à amplitude plus faible sont moins pondérées.

7. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** des fractions du signal au-dessous d'une certaine amplitude sont supprimées lors du codage (25. 26 dans la figure 4).

8. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** des fractions du signal sont moins pondérées ou sont supprimées en fonction de leur amplitude et de leur écart de fréquence par rapport à des composantes spectrales à masquer d'amplitude plus forte.

9. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le signal est réparti par des fenêtres de temps ($t_1 - t_7$) en blocs qui se succèdent dans le temps qui sont transformés chacun en une séquence de signal qui représente le spectre de courte durée.

10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** les fenêtres de temps se chevauchent dans le temps.

11. Procédé selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** la durée du chevauchement ($t_1 - t_2$; $t_6 - t_7$) est de l'ordre de 5 à 8 % et par exemple de 6.25 % de la durée d'une fenêtre de temps.

12. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce** que la courbe caractéristique de l'amplitude (WA, WS) des fenêtres de temps est identique côté émetteur et côté récepteur (figure 3). 5
13. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce** que la courbe caractéristique de l'amplitude (WA, WS) des blocs a une allure constamment croissante ou décroissante pendant la durée du chevauchement ($t_1 - t_2 : t_6 - t_7$). 10
14. Procédé selon la revendication 12 et/ou 13, **caractérisé en ce** que l'allure de la courbe caractéristique de l'amplitude (WA, WS) pendant la durée du chevauchement est dimensionnée de manière telle que, pendant cette durée, la somme des produits de la courbe caractéristique de l'amplitude (WA, WS) côté émetteur et côté récepteur est égale à 1. 15 20
15. Procédé selon la revendication 14, **caractérisé en ce** que le flanc décroissant de la courbe caractéristique de l'amplitude a, à la fin d'une fenêtre de temps, une allure cosinusoïdale et le flanc croissant de la courbe caractéristique, au début d'une fenêtre de temps, une allure sinusoïdale. 25 30
16. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce** que respectivement les valeurs des maxima des amplitudes (14, 15, 16, 17, 18) d'un groupe de fréquence sont transmises (figure 4). 35
17. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce** qu'un bloc est réparti respectivement en plusieurs (32) sous-blocs et, qu'à chaque fois que d'un sous-bloc à l'autre il y a un saut d'amplitude au-dessus d'une certaine valeur (29 dB), les valeurs d'amplitude des sous-blocs précédant dans le temps sont augmentées pour la transmission par un système de compression-expansion (figure 5). 40 45
18. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce** que le spectre est représenté en quantité et phase. 50
19. Procédé pour la transmission d'un signal son dans lequel le signal analogique est représenté en un signal numérique, est transformé avant transmission en un signal qui représente le spectre de courte durée, toute la bande de fréquence étant répartie en plusieurs groupes de fréquence, des fractions de signal dans les groupes de fréquence étant pondérées diffé-

remment quant à leur exactitude de représentation, sur la base de lois générales psychoacoustiques, lors du codage du signal à transmettre, et dans lequel le signal codé est transmis et décodé, retransformé et transformé à nouveau en un signal analogique après transmission, **caractérisé en ce** que les quantités transformées sont réparties en groupes de fréquence à partir du maximum respectif au-dessus d'un seuil dans le domaine quantités, que les quantités qui se trouvent dans le même domaine quantités sont transmises comme valeur égale et que les quantités au-dessous du seuil sont mises à zéro.

20. Procédé selon la revendication 19, **caractérisé en ce** que la subdivision des domaines quantités dépend du nombre des bits libres disponibles.

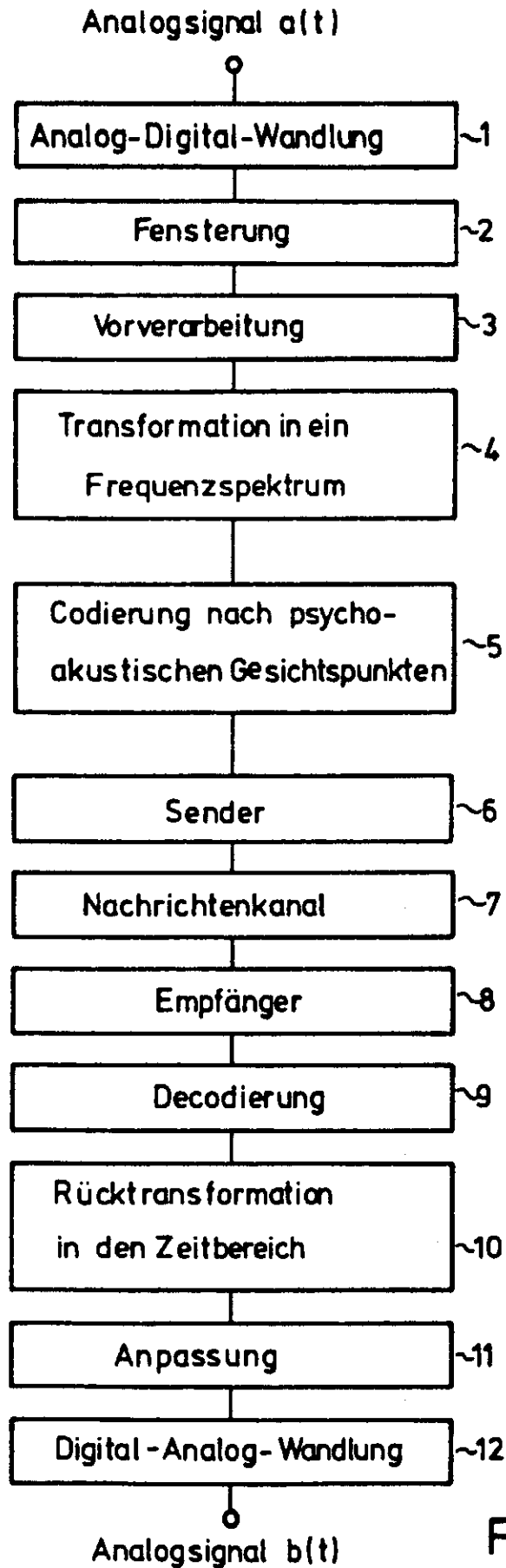


Fig.1

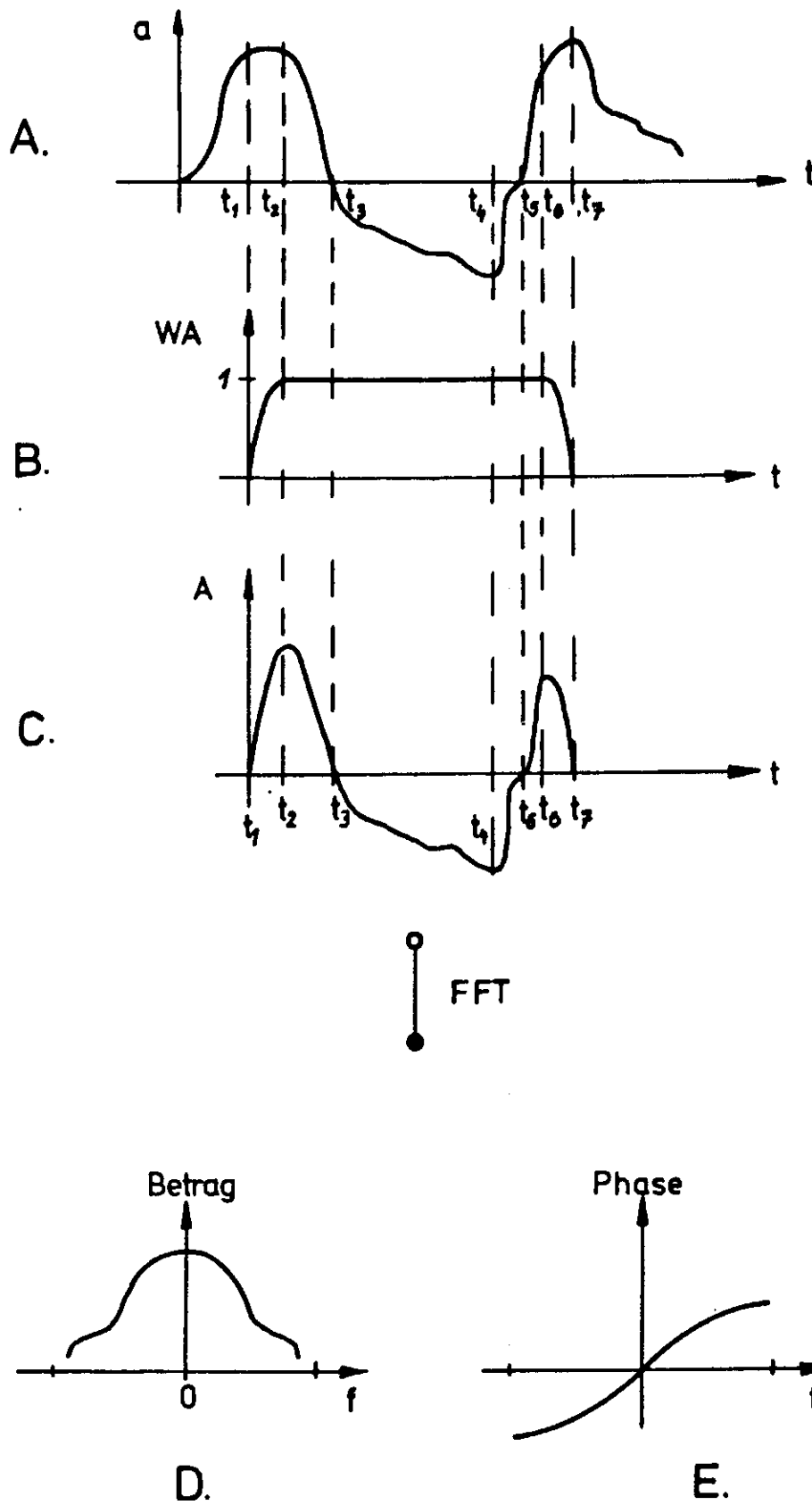


Fig.2

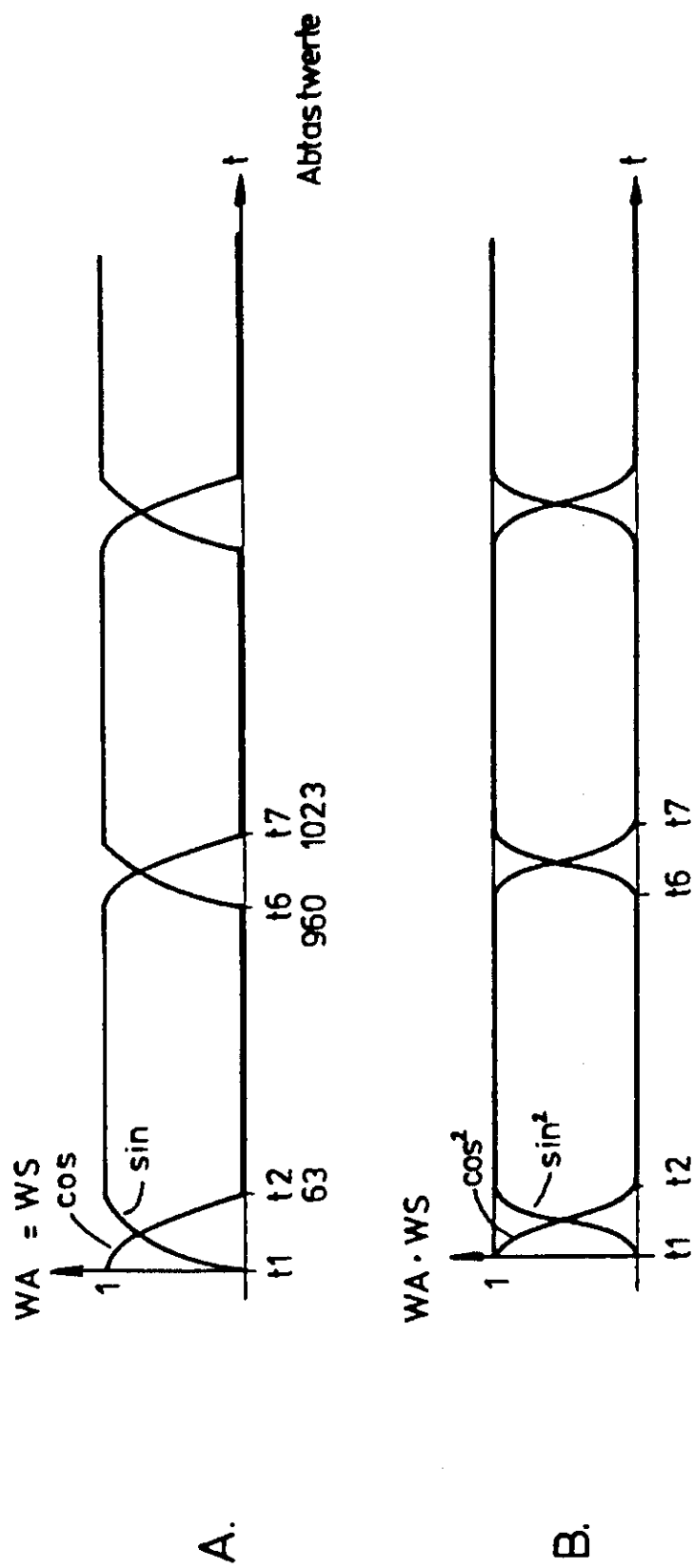
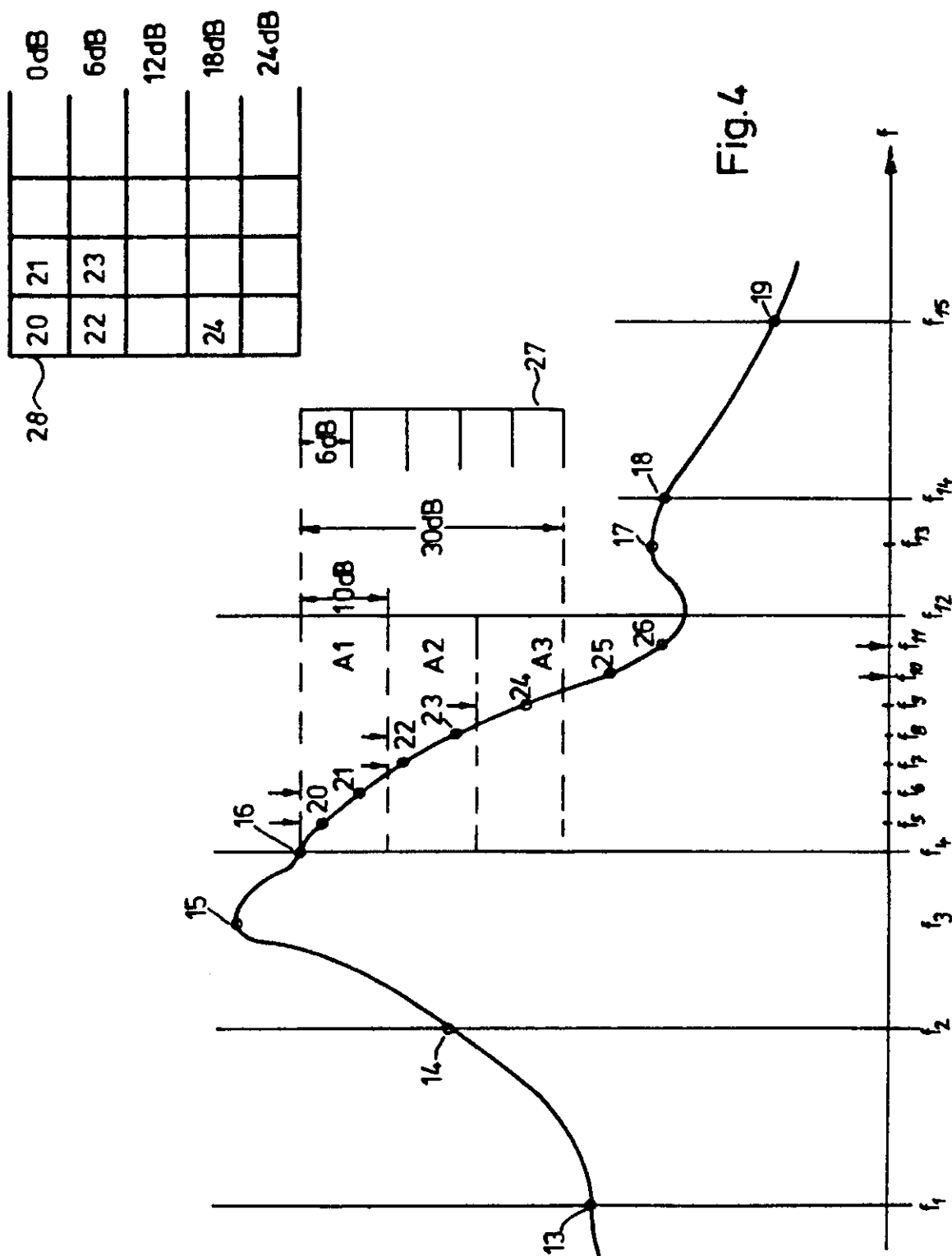


Fig.3



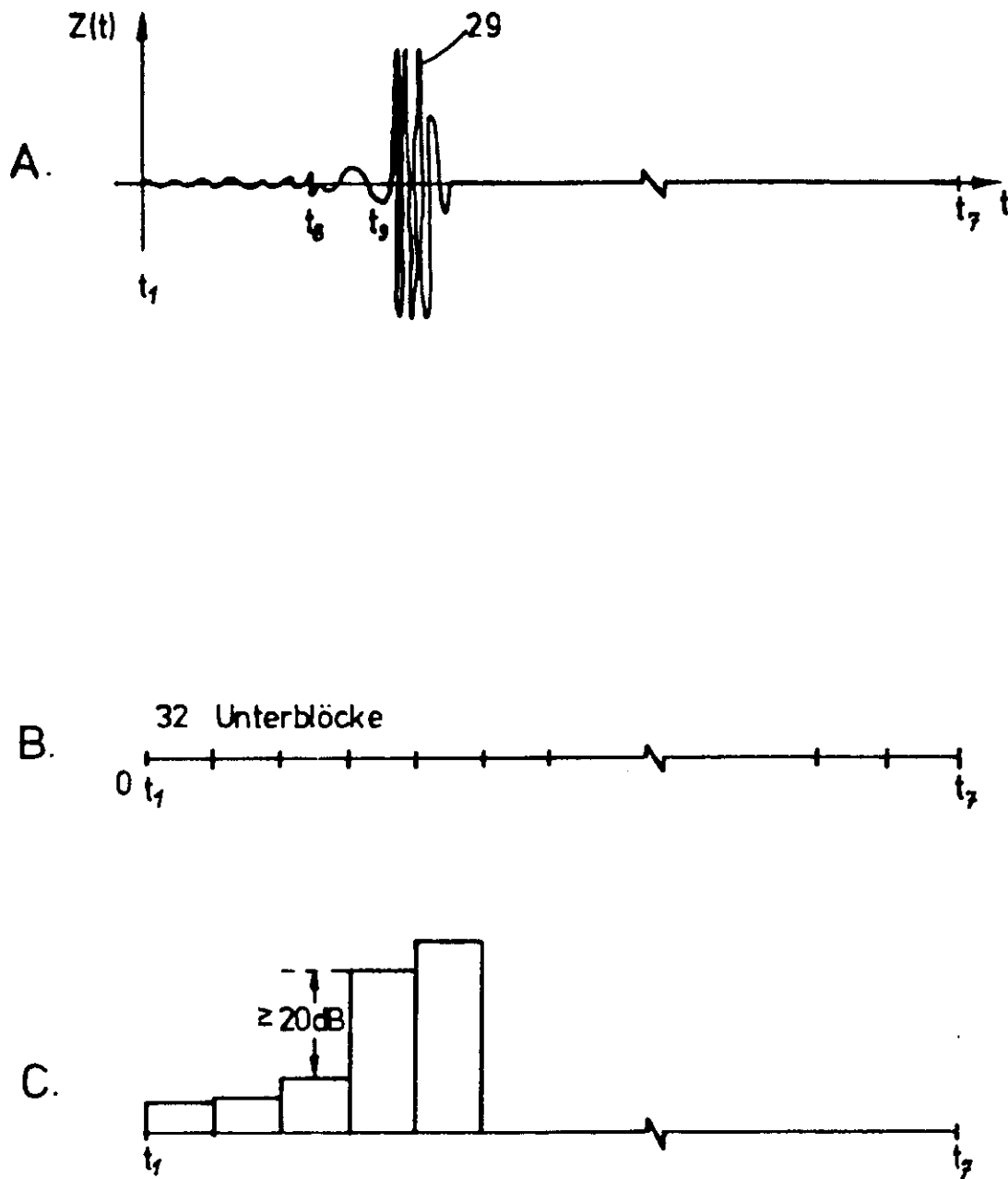


Fig.5

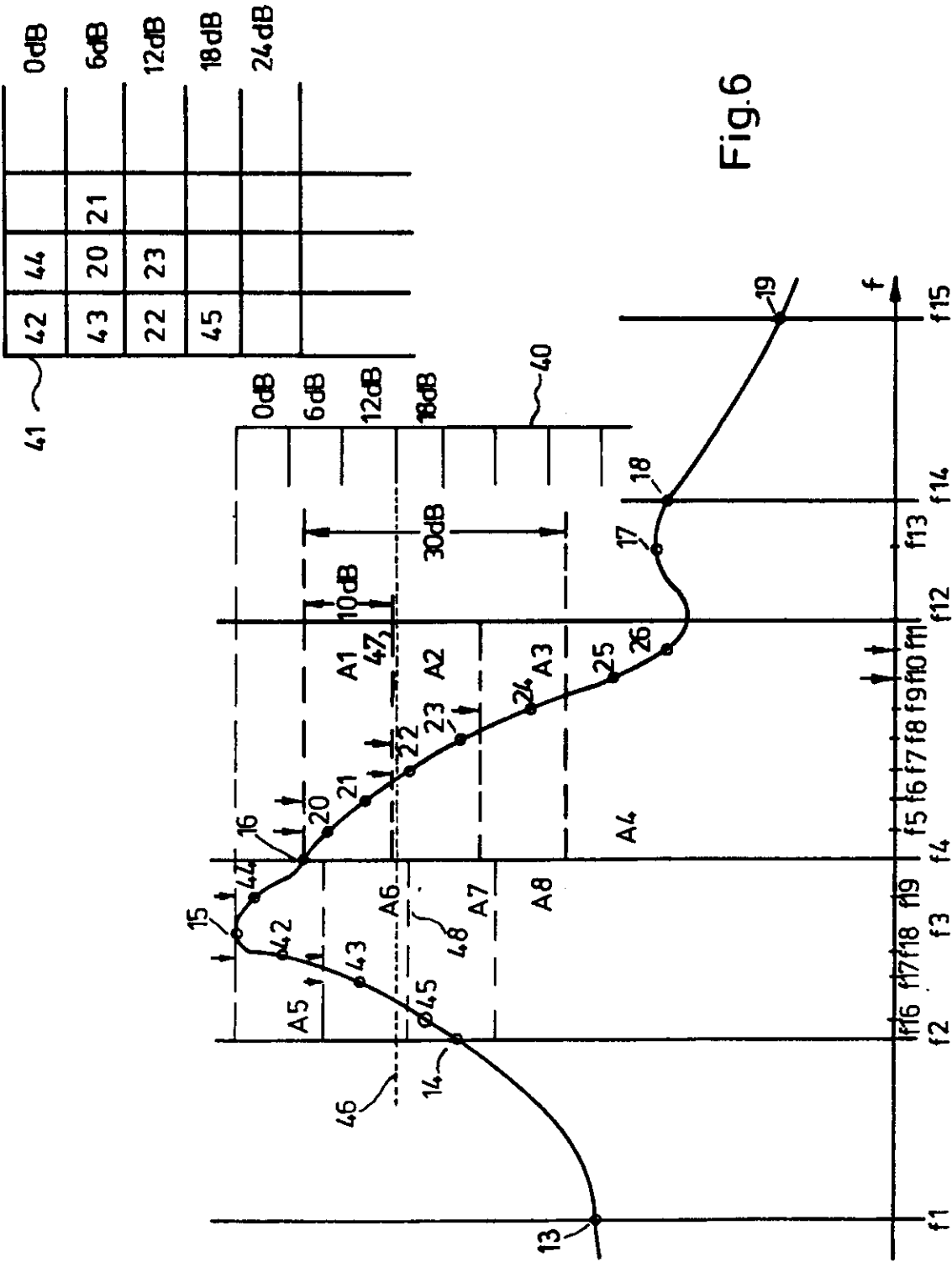


Fig.6

REGISTER ENTRY FOR EP0193143

European Application No EP86102329.9 filing date 22.02.1986

Application in German

Priority claimed:

27.02.1985 in Federal Republic of Germany - doc: 3506912

Designated States BE CH DE FR GB IT LI LU NL SE AT

Title AUDIO SIGNAL TRANSMISSION METHOD

Applicant/Proprietor

TELEFUNKEN FERNSEH UND RUNDFUNK GMBH, Göttinger Chaussee 76, D-3000
Hannover 91, Federal Republic of Germany [ADP No. 50871573001]

Inventor

DIPL.-ING. DETLEF KRAHE, Kommandantenstrasse 60, D-4100 Duisburg 1,
Federal Republic of Germany [ADP No. 54271812001]

Classified to

H4R
H04B

Address for Service

J F WILLIAMS & CO, 34 Tavistock Street, LONDON, WC2E 7PB, United Kingdom
[ADP No. 00001743001]

EPO Representative

DIPL.-ING. ROBERT EINSEL, TELEFUNKEN Fernseh und Rundfunk GmbH Göttinger
Chaussee 76, D-3000 Hannover 91, Federal Republic of Germany
[ADP No. 50934561001]

Publication No EP0193143 dated 03.09.1986 and granted by EPO 06.05.1992.

Publication in German

Examination requested 22.02.1986

Patent Granted with effect from 06.05.1992 (Section 25(1)) with title AUDIO
SIGNAL TRANSMISSION METHOD. Translation filed 15.07.1992

15.07.1988 EPO: Search report published on 20.07.1988

Entry Type 25.11 Staff ID.

Auth ID. EPT

06.04.1992 Notification from EPO of change of Applicant/Proprietor details
from

TELEFUNKEN FERNSEH UND RUNDFUNK GMBH, Göttinger Chaussee 76, D-3000
Hannover 91, Federal Republic of Germany [ADP No. 50871573001]

to

TELEFUNKEN FERNSEH UND RUNDFUNK GMBH, Göttinger Chaussee 76, W-3000
Hannover 91, Federal Republic of Germany [ADP No. 50871573001]

Entry Type 25.14 Staff ID. RD06 Auth ID. EPT

06.04.1992 Notification from EPO of change of EPO Representative details from
DIPL.-ING. ROBERT EINSEL, TELEFUNKEN Fernseh und Rundfunk GmbH
Göttinger Chaussee 76, D-3000 Hannover 91, Federal Republic of
Germany [ADP No. 50934561001]
to

DIPL.-ING. ROBERT EINSEL, TELEFUNKEN Fernseh und Rundfunk GmbH
Göttinger Chaussee 76, W-3000 Hannover 91, Federal Republic of
Germany [ADP No. 50934561001]

Entry Type 25.14 Staff ID. RD06 Auth ID. EPT

06.04.1992 Notification from EPO of change of Inventor details from
DIPL.-ING. DETLEF KRAHÉ, Kommandantenstrasse 60, D-4100 Duisburg 1,
Federal Republic of Germany [ADP No. 54271812001]
to

DIPL.-ING. DETLEF KRAHÉ, Kommandantenstrasse 60, W-4100 Duisburg 1,
Federal Republic of Germany [ADP No. 59706168001]

Entry Type 25.14 Staff ID. RD06 Auth ID. EPT

03.06.1992 FILE RAISED.

Entry Type 10.1 Staff ID. CA1 Auth ID. AA

25.06.1992 J F WILLIAMS & CO, 34 Tavistock Street, LONDON, WC2E 7PB, United
Kingdom [ADP No. 00001743001]
registered as address for service

Entry Type 8.11 Staff ID. SW1 Auth ID. AA

04.02.1995 Notification of change of Address For Service name of
J F WILLIAMS & CO, 34 Tavistock Street, LONDON, WC2E 7PB, United
Kingdom [ADP No. 00001743001]
to

WILLIAMS, POWELL & ASSOCIATES, 34 Tavistock Street, LONDON, WC2E
7PB, United Kingdom [ADP No. 05830310001]
dated 13.11.1994. Official evidence filed on EP0004370

Entry Type 7.2 Staff ID. AW Auth ID. AO

06.02.1995 Application under Section 32 filed on 31.01.1995

Entry Type 8.1 Staff ID. PE Auth ID. F20

27.07.1995 Notification of change of Applicant/Proprietor name and address of
TELEFUNKEN FERNSEH UND RUNDfunk GMBH, Göttinger Chaussee 76, W-3000
Hannover 91, Federal Republic of Germany [ADP No. 50871573001]
to

THOMSON CONSUMER ELECTRONICS SALES GMBH, Göttinger Chaussee 76,
D-30453 Hannover, Federal Republic of Germany [ADP No. 06666150001]
dated 28.02.1994. Official evidence filed on GB2034141

Entry Type 7.1 Staff ID. PH Auth ID. F20

**** END OF REGISTER ENTRY ****

OA80-01
PA

OPTICS - PATENTS

25/09/95

14:34:43
PAGE: 1

RENEWAL DETAILS

PUBLICATION NUMBER

EP0193143

PROPRIETOR(S)

THOMSON CONSUMER ELECTRONICS SALES GMBH, Gottinger Chaussee 76,
D-30453 Hannover, Federal Republic of Germany

DATE FILED

22.02.1986

DATE GRANTED

06.05.1992

DATE NEXT RENEWAL DUE

22.02.1996

DATE NOT IN FORCE

DATE OF LAST RENEWAL

02.02.1995

YEAR OF LAST RENEWAL

10

STATUS

PATENT IN FORCE

**** END OF REPORT ****

HONG KONG

IN THE MATTER OF Regis-
tration of European
Patent (UK)
No. 0 193 143 B1 in
Hong Kong

I, Ian Harry McBride, M.A., M.I.T.I., Technical Translator,
of 15 Chaffinch Road, Beckenham, Kent BR3 4LT, England, do hereby
solemnly and sincerely declare that I am conversant with the
English and German languages and declare that the following
translation is a true translation of the German text of the
accompanying European Patent (UK) No. 0 193 143 B1 in the name
of TELEFUNKEN Fernseh und Rundfunk GmbH.

AND I make this solemn declaration conscientiously believing
it to be true and by virtue of the provisions of the Statutory
Declarations Act, 1835.

DECLARED at 15-19 Kingsway)
in the County of London)
this 18th day of November 1993)

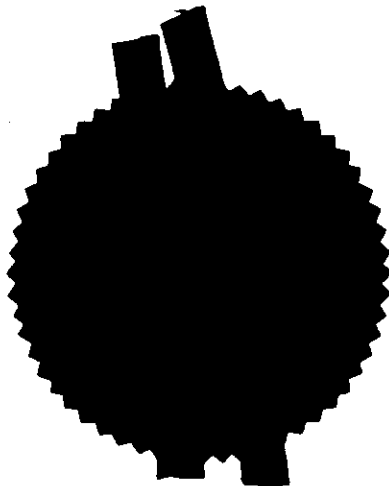
Ian Harry McBride

Before me:

A PUBLIC NOTARY:

of

London



EUROPEAN PATENT SPECIFICATION

Publication date of the
patent specification: 06.05.92

Int. Cl.⁵: H04B 1/66

Application number: 86102329.9

Application date: 22.02.86

Audio signal transmission method

Priority: 27.02.85 DE 3506912

Publication date of the applic-
ation:
03.09.86 Patent bulletin 86/36

Publication of the reference to
the patent grant:
06.05.92 Patent bulletin 92/19

Designated Contracting States:
AT BE CH DE FR GB IT LI LU NL SE

Patentee: TELEFUNKEN Fernseh und
Rundfunk GmbH
Göttinger Chaussee 76
W-3000 Hannover 91(DE)

Inventor: Krahé, Detlef, Dipl.Ing.
Kommandantenstrasse 60
W-4100 Duisburg 1(DE)

Agent: Einsel, Robert, Dipl.-Ing.
TELEFUNKEN Fernseh und Rundfunk
GmbH
Göttinger Chaussee 76
W-3000 Hannover 91(DE)

Citations:

WO-A-81/02234
WO-A-83/03935
DE-A-3 102 822
US-A-4 330 689

ICASSP 82 PROCEEDINGS, IEEE INTERNA-
TIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPE-
ECH AND SIGNAL PROCESSING, Paris, 3-
5 May 1982, Vol. 3, pp. 1696-1699,
IEEE, New York, US; K. ANNAMALAI et
al.: "An adaptive transform coding
system with short primary block-
lengths and frequency domain quant-
ization using feedback adaptation"

Note: Opposition to the granted European patent can be filed at the European Patent Office within nine months of publication of the reference to the grant of the European patent. It must be filed in writing and supported by a written statement setting out the grounds. It shall not be deemed to have been filed until after the opposition fee has been paid (Art. 99(1) European Patent Convention).

For the transmission of an audio signal, e.g. for broadcast transmission, cable transmission, satellite links and recording devices, it is known from WO 81/02234 and WO 83/03935 for the analog audio signal to be converted into a digital audio signal with a particular resolution (bits per sample), to be transmitted in this form and to be converted back into an analog signal when reproduced. By means of the digital transmission a greater signal/noise ratio is obtained particularly at the reproduction stage.

In WO 81/02234 it is furthermore disclosed that prior to the transmission the signal is converted into a signal $A(f)$ representing the short-time spectrum and components of said signal are on the basis of psychoacoustic laws (physiological properties of the human ear) weighted differently in their representational accuracy during the coding (spectrum-weighting-stage 3 and data reduction-stage B) of the analog signal to be transmitted.

The band width required for the transmission of such a signal is determined in the main by the number of samples to be transmitted per unit of time and by the resolution (bits per sample).

In practice there is a requirement to keep the band width required for the transmission as small as possible, so as to be able to make do with a narrow-band channel or to transmit as many audio signals as possible simultaneously via an existing channel. The necessary band width may be reduced in principle by a reduction in the samples or the number of bits per sample. This measure usually however results in deterioration at the reproduction stage.

The aim of the invention is to create a method for transmitting a digital audio signal which makes do with a smaller mean bit rate per sample without the quality being noticeably affected at the reproduction stage.

Said aim is achieved by the invention described in claim 1. Advantageous developments of the invention are described in the sub-claims.

The invention is based on the following findings and considerations. The digital audio signal in the time domain, which signal thus represents successively in time the individual samples of the analog signal, is transformed in sections succeeding one another in time into a short-time spectrum, which represents in each case for the short time, e.g. 20 ms, the spectral components of the signal. In the short time spectrum it is generally possible, on the basis of psychoacoustic findings, for components which are not detected by the listener, i.e. are irrelevant in a communications sense, to be detected better than in the time domain. Consequently such components are according to the invention weighted less strongly or omitted completely during the transmission. By means of said measure a considerable portion of the bits required in theory may be dropped during the trans-

mission, so that the mean bit rate for a particular number of samples may be reduced considerably.

Irrelevant components of the spectrum of this kind are e.g. components which do not exceed a particular amplitude relative to a maximum amplitude in close proximity in the spectrum. Such components may preferably be omitted during the transmission without noticeable impairment of the reproduction quality. Components of this kind are in fact not detected by the listener on the basis of psychoacoustic laws due to a so-called masking effect. For a masking effect of this kind the position in time between the components and their mutual frequency and amplitude position are critical.

Since certain time constants are determinative for the masking effect, the signal is divided up by time windows into blocks succeeding one another in time with a duration of the order of magnitude of 20 ms, since within a period of this kind the masking thresholds do not decrease significantly. The signal of such a block is then transformed in each case into the short-time spectrum and checked during the coding for irrelevant components.

The human ear forms frequency bands, so-called groups, which play a significant role in the masking effect. The subdivision into frequency groups and the masking are known and described on p. 46 ff. in E. Zwicker, Psychoakustik, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1982. Each of said frequency groups is evaluated individually during the coding and checked for irrelevant components. The frequency resolution is moreover so fine that the narrowest frequency group with a width of some 100 Hz is still detected. For the conversion of the signal out of the time domain into the frequency domain a Fourier transform, e.g. a so-called Fast Fourier transform, is preferably used.

Further material features and advantages of the solution according to the invention follow from the exemplifying embodiment, which is explained below with reference to the drawing. Here

- Fig. 1 shows the sequence in time of the method according to the invention,
- Fig. 2 the windowing of the signal in order to obtain the successive blocks,
- Fig. 3 amplitude characteristic curves used for the windowing,
- Fig. 4 subdivision of the frequency band of the short-time spectrum into individual frequency ranges and the amplitude evaluation of the components and
- Fig. 5 an additional treatment of the signal for a specific signal content.

In Figure 1 the analog signal $a(t)$, which represents an audio signal such as e.g. speech or music, is converted in the analog-to-digital convertor 1 into a corresponding digital audio signal. In stage 2 there takes place by means of time windows succeeding and overlapping one another in time a so-called windowing of said

signal. The signal is in so doing subdivided into blocks succeeding one another in time and each 20 ms in duration, in such a way that in each case the signal of a block may be further processed separately on its own. In stage 3 a pre-processing of the signal takes place, the significance of which will be explained later. In stage 4 the digital signal of a time window or block is in each case converted into a frequency spectrum by means of a transform. At the output of stage 4 there is therefore present during the blocks succeeding one another in time in each case a signal which represents for the duration of a time window or block the spectral components of the signal over the entire frequency band. Stage 4 therefore produces the conversion of the signal in the time domain into the signal representing the spectrum in the frequency domain.

From stage 4 the signal passes to the coder 5. Here a coding according to psychoacoustic principles takes place. This means that spectral components which are in any case not detected at the reproduction stage in particular by virtue of masking effects are weighted less strongly or omitted during the coding. A processing of this kind of the short-time spectrum is possible e.g. by means of a computer.

The signal coded in this way passes via the transmitter 6 to the transmission channel 7. Due to the reduction achieved in the mean bit rate said transmission channel may accordingly be constructed as a narrow-band one. The transmission channel 7 is followed by the receiver 8, which performs essentially the inverse functions to the transmitter. The signal passes next to a decoder 9, which brings about the decoding in accordance with the coder 5. In stage 10 the spectrum-representing signal obtained in this way in the frequency domain is converted back into a digital signal in the time domain. In stage 11 the signal is assembled again into a uniform continuous digital signal and the pre-processing of stage 3 taken into account. The signal is then fed to the digital-to-analog convertor 12. The convertor 12 again supplies the analog signal $b(t)$. Said signal is not identical to the signal $a(t)$, because in the coder 5 during the coding spectral components have been weighted differently or suppressed. The difference between the analog signals $b(t)$ and $a(t)$ is however such that said difference is not noticed by the listener at the reproduction stage. In the signal, therefore, only irrelevant information, inaudible to the listener, is removed, in order to reduce the required bit rate during the transmission via the transmission channel 7, in particular the decision content is reduced.

Figure 2 A - C show the windowing of the signal in stage 2. The signal $a(t)$ is evaluated by means of a time window with the amplitude characteristic curve WA of $t_1 - t_7$, i.e. the signal values of the signal $a(t)$ as per Figure 2 A are multiplied by the values of the characteristic curve WA as per Figure 2 B. The characteristic curve has from t_1 to t_2 a sinusoidal shape over a quarter cycle and from t_6 to t_7 a cosinusoidal shape over a quarter cycle and between the latter from t_2 to t_6 it has the constant value 1. The steady shape of $t_1 - t_2$ and $t_6 - t_7$ is

essential, since with such a subdivision into blocks succeeding one another in time, the so-called windowing, a jump between zero and a final value would produce a very broad frequency spectrum in the case of a Fourier transform. Multiplication of the signal $a(t)$ with the characteristic curve WA produces the signal A as per Figure 2 C, which is therefore distorted in amplitude in the periods $t_1 - t_2$ and $t_6 - t_7$. Said windowing, i.e. time-selective evaluation, which takes place in Figure 1 in stage 2, is represented by means of analog signals in Figure 2 A - C. In reality the signal $a(t)$ and WA are digital signals, so that from t_1 to t_7 respectively digital signal values are multiplied by each other.

In each case the signal of a time window $t_1 - t_7$, i.e. of a block, is converted as per Figure 1 in stage 4 into the short-time spectrum. Figure 2 D shows a plot of the amplitude versus the frequency f and Figure 2 E a plot of the phase versus the frequency f for such a signal. On the receive side the plot shown in the Figures 2 A - E takes place in reverse sequence. The amplitude and the phase are received as digital signals and converted back into an analog signal $b(t)$ by means of an Inverse Fast Fourier Transform and a digital/analog conversion.

Figure 3 shows the amplitude characteristic curves for the successive time windows on the transmit side and on the receive side. The time windows on the transmit side in stage 2 have the shape WA (A = analysis) as per Figure 3 A. $t_1 - t_2$ and $t_6 - t_7$ are overlapping periods in which two time windows are effective. One time window extends over 1024 samples, the overlapping amounting to some 64 samples, i.e. 6.25% of the duration of the time window. The amplitude characteristic curve shown in Figure 3 A applies in identical manner to the receive side and is plotted in stage 11 (WS = window synthesis). In the period $t_2 - t_6$ the signal traverses without affecting the amplitude, hence with the factor 1, the path shown in Figure 1. A sample during the overlapping period $t_1 - t_2$ is first of all multiplied by the sine in stage 2. Since the same curve is effective on the receive side in stage 11, said sample will be multiplied altogether by $\sin^2(x)$, which would mean a weakening in the amplitude of said sample by the factor $\sin^2(x)$. During the period $t_1 - t_2$, however, the descending, cosinusoidal slope of the preceding time window is effective additionally, so that the same sample is due to the cosinusoidal slope multiplied altogether by $\cos^2(x)$. Because of the linear overlapping of the two signals and the mathematical relationship

$$\sin^2(x) + \cos^2(x) = 1$$

there is thus obtained also during the overlapping periods the constant amplitude factor 1. This is shown in Figure 3 B by the upper horizontal line in the overlapping periods $t_1 - t_2$ and $t_6 - t_7$. Altogether there is thus obtained continuously for the signal the amplitude transmission value 1, so that no amplitude distortion of the signal takes place.

Figure 4 shows the amplitude plot of the spectral lines of a short-time frequency spectrum, as is obtained at the outset of stage 4 in Figure 1. The whole frequency band of the short-time spectrum $f_1 - f_{15}$ is subdivided into a plurality of frequency groups $f_1 - f_2$, $f_2 - f_4$, $f_4 - f_{12}$, $f_{12} - f_{14}$ and $f_{14} - f_{15}$. In the individual frequency groups the spectral lines are examined and weighted according to psychoacoustic principles. Only the dominant amplitude values are transmitted, irrelevant amplitude values are weighted less strongly or suppressed. The absolute maximum 15 of the whole frequency band is first of all transmitted as an absolute value with 12 - 16 bits. The maxima 14, 16, 17, 18 of the remaining frequency groups are transmitted with an accuracy of 8 bits, i.e. in their relative positive to the absolute maximum 15. The remaining values 20 - 26 of the frequency group $f_4 - f_{12}$ are for their part related to the maximum value 16, i.e. their deviation from the maximum value 16 is transmitted. To this end the amplitude range is, starting from the maximum 16, subdivided into three ranges A1, A2, A3 each of 10 dB and one range A4 for the remainder. Signal values 16, 20, 21 or 22, 23 or 24 or 25, 26, lying in each case in an amplitude range, are transmitted as an identical value. No distinction is therefore drawn between the values 16, 20, 21 and 22, 23 and 25, 26. The amplitude values 25, 26 at the frequencies f_{10} , f_{11} , which fall below the value of 30 dB below the maximum 16, are set at zero. The phase of the values 25, 26 is not transmitted. Said spectral components would because of their close position to the value 16 and their small amplitude in any case no longer be detectable by virtue of the masking effect. In practice the whole frequency band $f_1 - f_{15}$ is divided up into 26 frequency groups, of which only 5 are shown in Figure 4 for the sake of simplicity. Due to the dividing up into the amplitude ranges A1, A2, A3, A4 a total of 2 bits is sufficient for the transmission of the amplitude values 20 - 26 relative to the maximum 16. For each transmitted amplitude value which lies in the ranges A1 to A3, 2 bits are transmitted for the associated phase value.

A considerable reduction in the amount of data required for the transmission is already achieved by the coarse quantization of the amplitude and phase values with 2 bits. An additional saving on bits is also made during the transmission, however, by the dropping of components, namely of the phase values for the amplitude values 25, 26 in the frequency group $f_4 - f_{12}$. Said liberated bits may be used for the transmission of a more detailed amplitude subdivision in the ranges A1 - A3. To this end, for example, each range A1 - A3 is divided into two ranges of 5 dB each. Moreover there is assigned to each frequency value 20 - 24 a bit which indicates whether the amplitude value, e.g. 20, 21, lies within the first 5 dB or the second 5 dB below the maximum 16. The assignment of said bits takes place on the basis of a table 28 which is created on the transmit side and is reconstructable on the receive side. To this end there is placed over the whole plot of the frequency spectrum as per Figure 4 a grid 27 with a gradation in stages of 6 dB. The amplitude values 20 - 24 are therefore assigned to said grid. The table 28 assigns to each amplitude value 20 - 24 a particular position in relation to the maximum 16. The table 28 begins with the lowest frequency

value and shows by means of the line the respective position in relation to the maximum of the corresponding frequency range.

If further free bits are available, a subdivision of the 5 dB ranges into 2.5 dB ranges will be carried out. The subdivision process may be continued indefinitely. The saving on bits and the use of said bits for refinement of the resolution is termed adaptive quantization.

Figure 5 shows the pre-processing of a sudden acoustic event 29 which occurs within a time window $t_1 - t_7$ at the point in time t_9 . Such an acoustic event may be e.g. the striking of a triangle. The pre-processing described takes place in Figure 1 in stage 3. The acoustic event 29 is also preceded by a preshoot between t_8 and t_9 , which is however inaudible due to a preliminary masking. During the conversion into the frequency spectrum in stage 4 in Figure 1 there arises in each case in the frequency domain a signal which indicates the spectral distribution in the window $t_1 - t_7$. Since in the case of said signal the assignment of spectral lines to individual points in time within a time window no longer takes place, the event 29 averaged over the whole time window $t_1 - t_9$ would therefore be as it were blurred. An audible distortion may occur as a result.

In order to prevent said still conceivable defect, a time window $t_1 - t_7$ or else block is subdivided into 32 sub-blocks. The amplitudes of the individual sub-blocks are determined. As soon as an amplitude jump of more than 20 dB occurs between two sub-blocks, produced in Figure 5 by the event 29, an additional measure will be triggered. Said measure consists in the fact that prior to the amplitude jump the signal is by means of a compander process increased on the transmit side and correspondingly reduced again on the receive side. The above-mentioned defects caused by the blurring of the short-time event over the whole time window will thereby be reduced.

Fig. 6 shows an alternative to the transmission of more detailed amplitude subdivisions. A grid 40 is laid over the frequency spectrum. The uppermost limit of said table coincides with the absolute maximum 15. The grid 40 comprises not more than sixteen 6 dB gradations and thus extends over a range of 96 dB. On the basis of said grid 40 a table 41 is created. The table is created on the receive side and is reconstructable on the transmit side. This means that the position of the values 42, 44, 43, 20, 21, 22, 23 and 45 in the table is reconstructable. The table indicates by means of a bit (0 or 1) whether a pertinent value lies in the 5 dB range or in the 6 - 10 dB range of the ranges A1 - A3, A5 - A7. For the more detailed amplitude sub-division only one bit is therefore transmitted for a value. For the value 20 a 0 will be transmitted, in order to indicate that the value 20 lies in the 0 - 5 dB range of A1. The values 42 and 44 will be assigned to the 0 dB line, the values 43, 20, 21 to the 6 dB line, the values 22, 23 to the 12 dB line, the value 45 to the 18 dB line. The bits corresponding to the values will be transmitted in lines starting with the 0 dB line as per table 41. The transmission time is the same for all frequency spectra.

According to the number of bits saved on by means of the coarse quantization of the amplitude and phase values, the same number of additional bits may be transmitted from the table 41. This means that bits from the first line 0 dB will be transmitted with a higher probability than bits from the following lines. The dotted line 46 sets the boundary between the lines 47 and 48. The bit for the value 23 will be transmitted with greater probability than the bit for the value 45, although the magnitude of the value 45 is greater than the magnitude of the value 23.

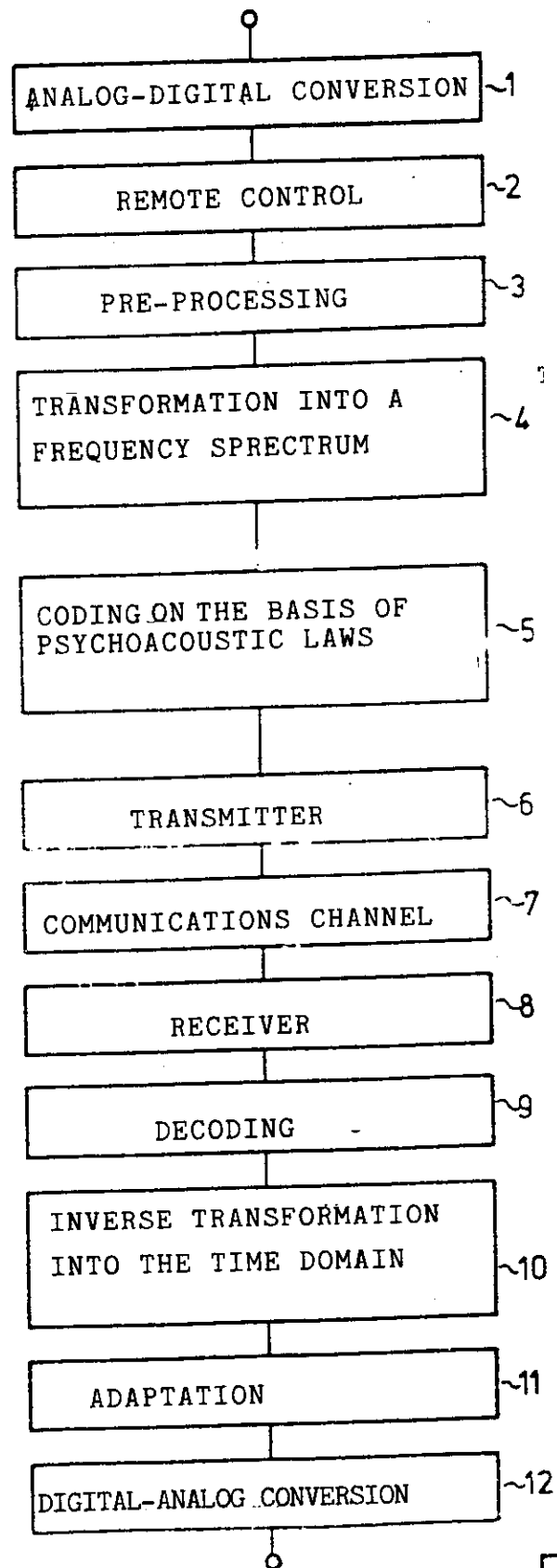
Claims

1. Method for transmitting an audio signal, in which the analog signal is converted into a digital signal, is prior to the transmission converted into a signal representing the short-time spectrum, and the whole frequency band is divided up into a plurality of frequency groups, signal components in the frequency groups are on the basis of psychoacoustic laws weighted differently in their representational accuracy during the coding of the signal to be transmitted, the code signal is transmitted, and after the transmission decoded, inverse-transformed and converted back into an analog signal, characterised in that the value of the absolute maximum magnitude of the whole frequency band as an absolute quantity and the maximum magnitudes of the remaining frequency groups are divided up into value ranges of the respective transformed magnitude values in the frequency groups starting from the respective maximum magnitude above a threshold and the magnitude values lying in the same value range are transmitted as the same value, that magnitude values below the threshold are set as zero and free bits not required so far for the transmission are used for the more detailed subdivision of the value ranges.
2. Method according to claim 1, characterised in that the conversion is carried out by means of a Fourier transform (FT).
3. Method according to claim 2, characterised in that the transform is a Fast Fourier transform (FFT).
4. Method according to claim 1, characterised in that the short time lies in the order of magnitude of 20 ms.
5. Method according to claim 1, characterised in that components of the signal are weighted less strongly or suppressed for the coding.

6. Method according to claim 1, characterised in that components of the signal with decreasing amplitude are weighted less strongly.
7. Method according to claim 1, characterised in that components of the signal below a certain amplitude are suppressed for the coding (25, 26 in Fig. 4).
8. Method according to claim 1, characterised in that components of the signal are weighted less strongly or suppressed as a function of their amplitude and their frequency spacing relative to masking spectral components of greater amplitude.
9. Method according to claim 1, characterised in that the signal is divided up by time windows ($t_1 - t_7$) into blocks succeeding one another in time which are each converted into a signal sequence representing the short-time spectrum.
10. Method according to claim 9, characterised in that the time windows overlap one another in time.
11. Method according to claim 10, characterised in that the overlapping time ($t_1 - t_2$; $t_6 - t_7$) lies in the order of magnitude of 5 - 8%, e.g. 6.25% of the duration of one time window.
12. Method according to claim 9, characterised in that the amplitude characteristic curve (WA, WS) of the time windows is identical on the transmit side and the receive side (Fig. 3).
13. Method according to claim 9, characterised in that the amplitude characteristic curve (WA, WS) of the blocks has a continuously rising or descending shape during the overlapping time ($t_1 - t_2$; $t_6 - t_7$).
14. Method according to claim 12 and/or 13, characterised in that the plot of the amplitude characteristic curve (WA, WS) during the overlapping time is shaped so that during said time the sum of the products of the amplitude characteristic curve (WA, WS) over transmit side and receive side equals 1.

15. Method according to claim 14, characterised in that the descending slope of the amplitude characteristic curve at the end of a time window has a cosinusoidal shape and the rising slope of the characteristic curve at the beginning of the time window has a sinusoidal shape.
16. Method according to claim 1, characterised in that in each case the values of the amplitude maxima (14, 15, 16, 17, 18) of a frequency group are transmitted (Fig. 4).
17. Method according to claim 9, characterised in that each individual block is divided up into a plurality (32) of sub-blocks and whenever an amplitude jump above a particular value (29 dB) occurs from one sub-block to the next, the amplitude values in the sub-blocks coming before in time are raised by means of a compander system for the transmission (Fig. 5).
18. Method according to claim 2, characterised in that the spectrum is represented according to magnitude and phase.
19. Method for transmitting an audio signal, in which the analog signal is converted into a digital signal, is prior to the transmission converted into a signal representing the short-time spectrum, in which the whole frequency band is divided up into a plurality of frequency groups. signal components in the frequency groups are on the basis of psychoacoustic laws weighted differently in their representational accuracy during the coding of the signal to be transmitted, the code signal is transmitted, and after the transmission decoded, inverse-transformed and converted back into an analog signal, characterised in that the transformed magnitude values are divided up into frequency groups starting from the respective maximum magnitude above a threshold in the value range and the magnitude values lying in the same value range are transmitted as the same value, and that magnitude values below the threshold are set as zero.
20. Method according to claim 19, characterised in that the subdivision of the value ranges depends on the number of free bits available.

ANALOG SIGNAL



ANALOG SIGNAL

Fig.1

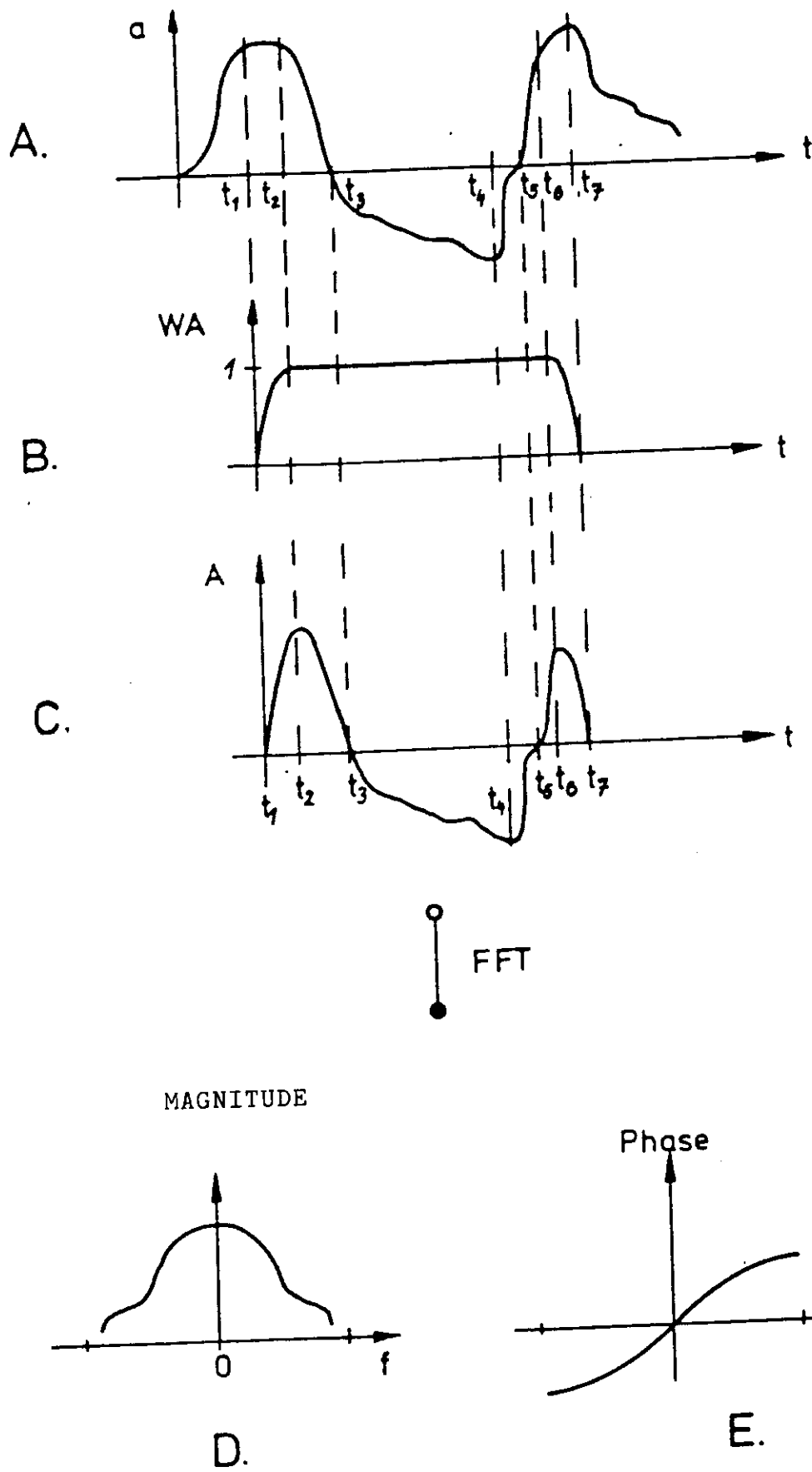


Fig.2

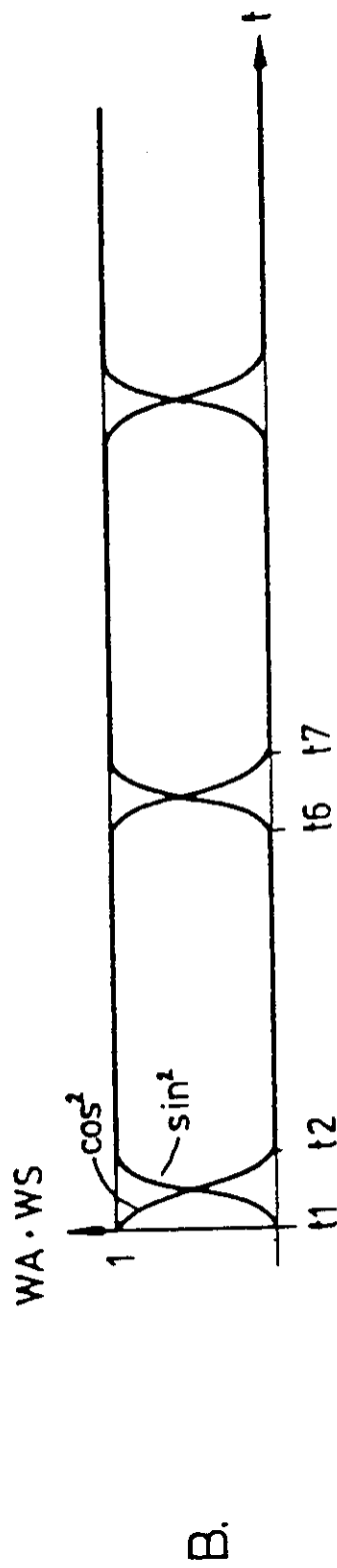
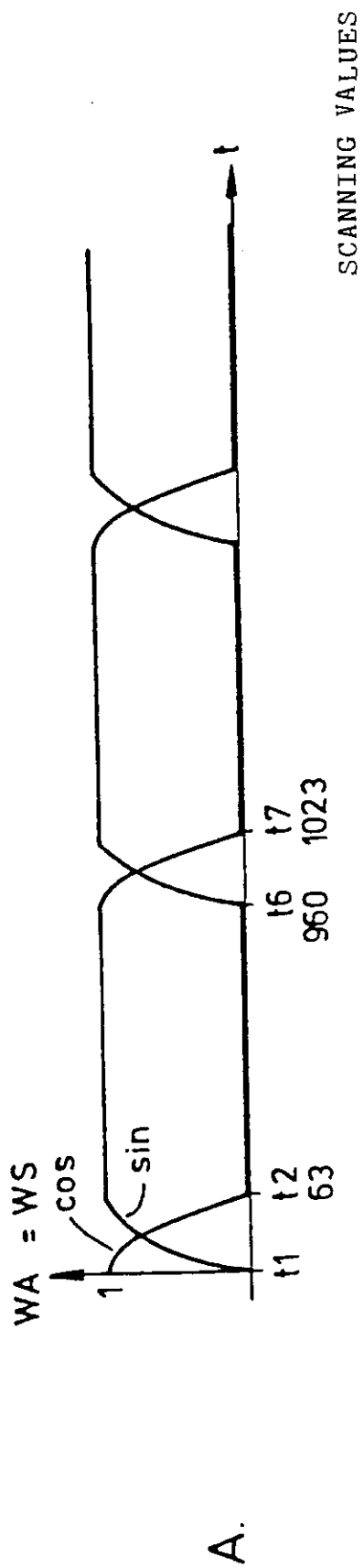


Fig.3

20	21	0dB
22	23	6dB
		12dB
24		18dB
		24dB

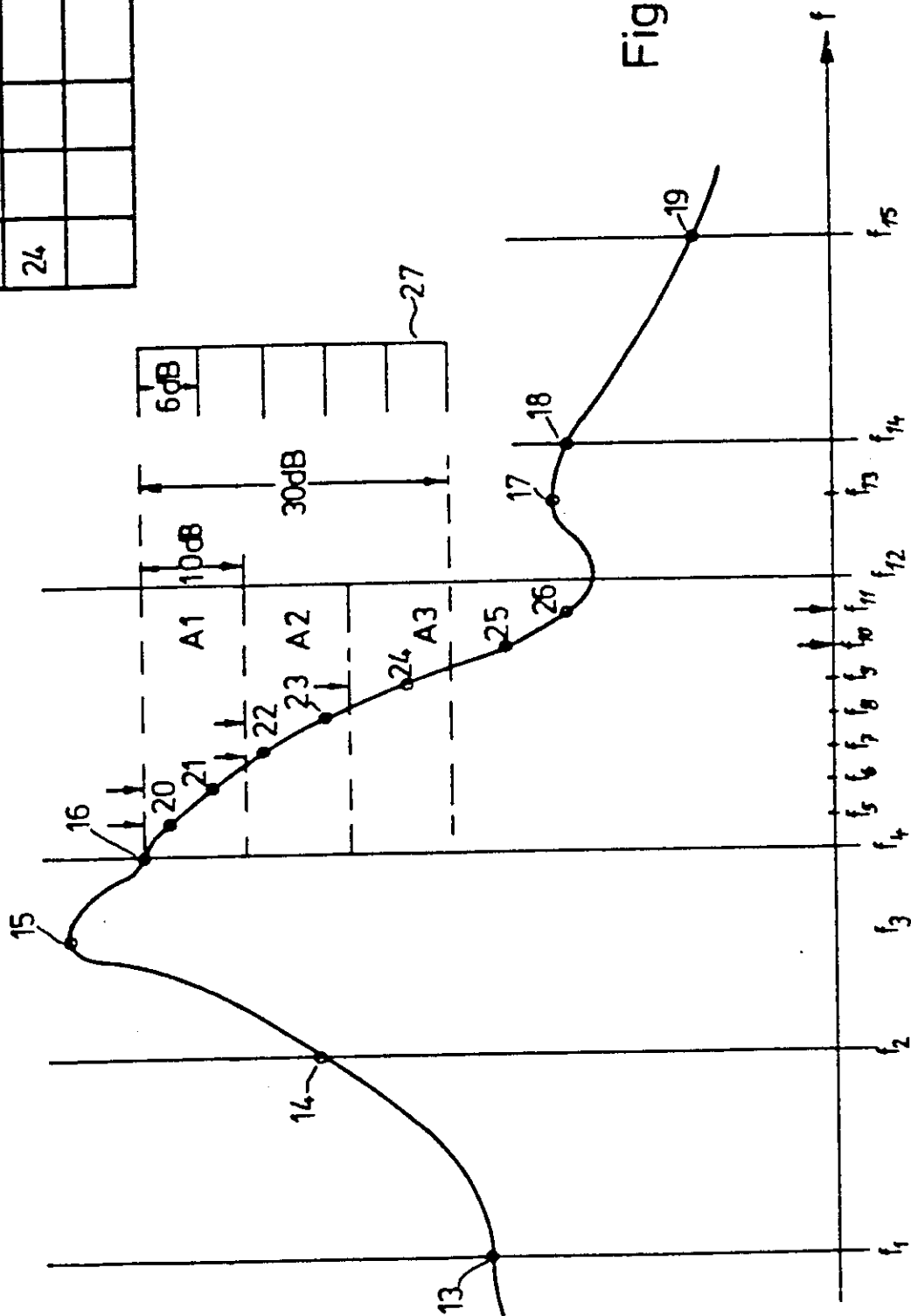


Fig.4

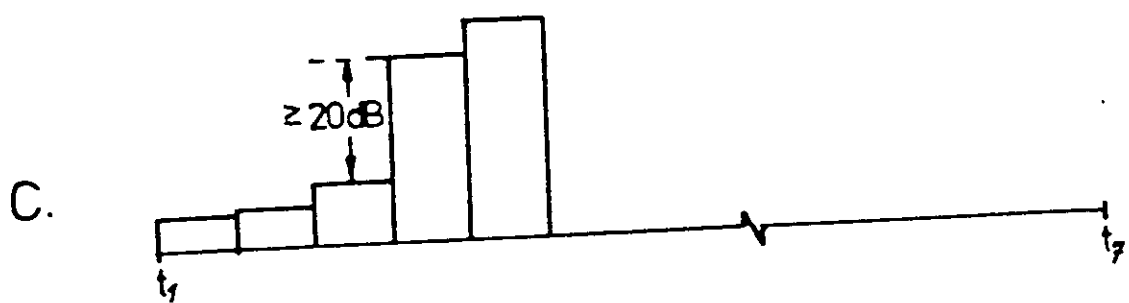
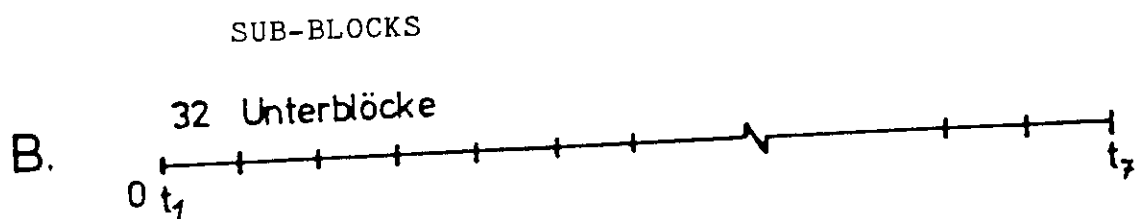
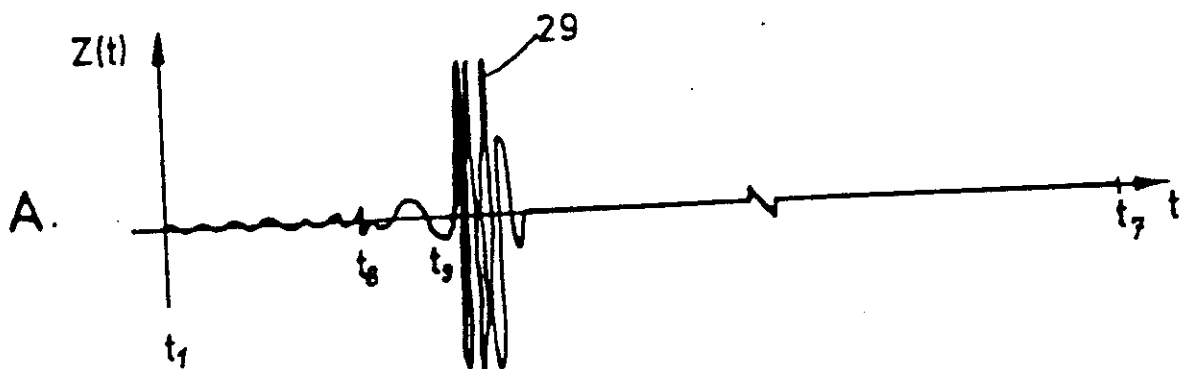


Fig.5

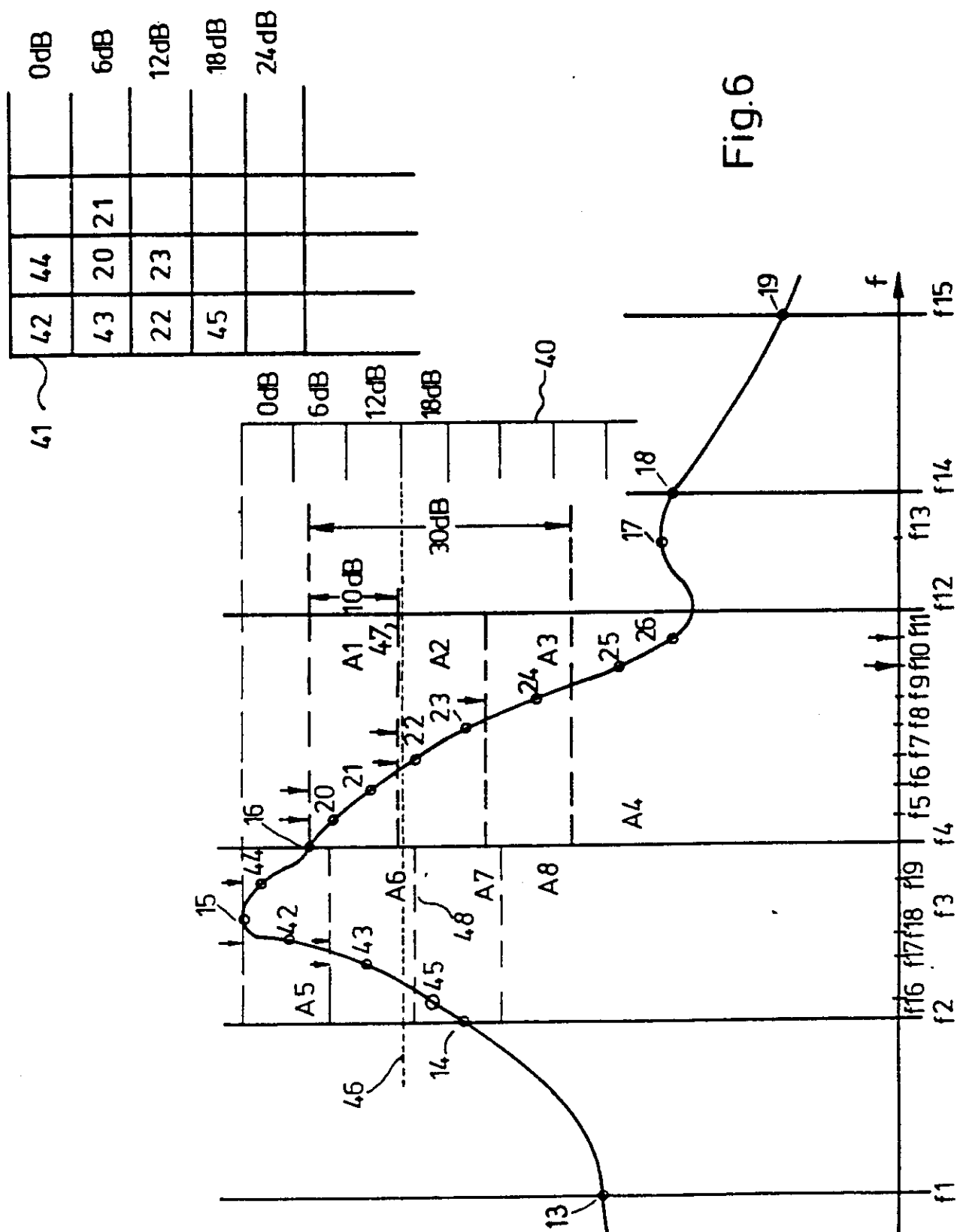


Fig.6