

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 825 800 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

25.02.1998 Patentblatt 1998/09

(51) Int. Cl.⁶: H04S 5/00

(21) Anmeldenummer: 97113292.3

(22) Anmeldetag: 01.08.1997

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE

(30) Priorität: 14.08.1996 DE 19632734

(71) Anmelder:

DEUTSCHE THOMSON-BRANDT GMBH
78048 Villingen-Schwenningen (DE)

(72) Erfinder:

- Varga, Imre
30459 Hannover (DE)
- Schmidt, Jürgen
31515 Wunstorf (DE)

(74) Vertreter:

Hartnack, Wolfgang, Dipl.-Ing.
Deutsche Thomson-Brandt GmbH
Licensing & Intellectual Property,
Göttinger Chaussee 76
30453 Hannover (DE)

(54) Verfahren und Vorrichtung zum Generieren eines Mehrton-Signals aus einem Mono-Signal

(57) Die Reproduktion von Mono-Audiosignalen führt zu einem unangenehmen Klangbild wegen des Mangels an Räumlichkeit. Deshalb ist es wünschenswert, ein Zweikanal-Signal aus dem einkanaligen Eingangssignal elektrisch zu erzeugen. Die bekannten Single-Band-Verfahren sind teilweise sehr aufwendig und bieten nur einen ungenügenden Eindruck von

Räumlichkeit. Bei der Erfindung werden durch Filterung zunächst mehrere verschiedenartige Signale aus dem Mono-Eingangssignal gebildet und dann für jedes dieser verschiedenartigen Signale separat virtuelle Single-Band-Stereosignale generiert. Diese werden anschließend zu zwei Ausgangssignalen kombiniert.

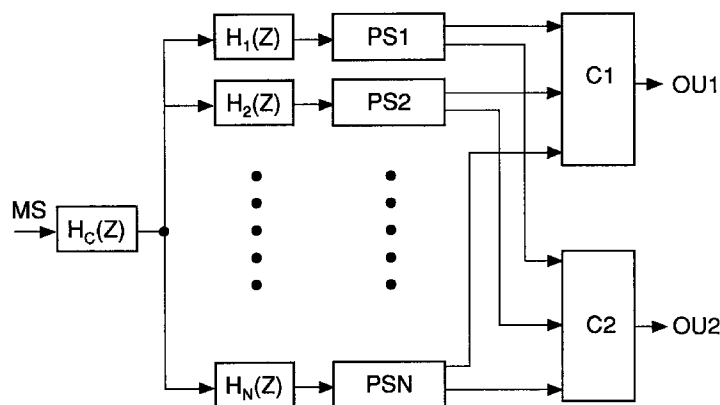


Fig.1

EP 0 825 800 A2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Generieren eines Mehrton-Signals aus einem Mono-Signal.

Stand der Technik

Die Reproduktion von Mono-Audiosignalen führt zu einem unangenehmen Klangbild wegen des Mangels an Räumlichkeit. Deshalb ist es wünschenswert, ein Zweikanal-Signal (virtuelles, künstliches, Pseudo- oder Quasi-Stereo) aus dem einkanaligen Eingangssignal (mono) elektrisch zu erzeugen. Die bekannten Verfahren können als Single-Band-Verfahren bezeichnet werden. Eine Übersicht zu bekannten Verfahren ist in J. Blauert, "Räumliches Hören", Hirtzel Verlag, Stuttgart, 1974, wiedergegeben:

- LP/HP Filterung (DE-A-973570): Das Mono-Eingangssignal wird durch ein Tiefpaß- und ein Hochpaßfilter aufgespalten. Die entsprechend gefilterten Signale bilden das linke und rechte Ausgangssignal des Pseudo-Stereosystems. Diese spektrale Separation durch eine Filterung resultiert aber in einer ungenügenden räumlichen Darstellung;
- Aus M.R. Schröder, "An artificial stereophonic effect obtained from a single audio signal", Japanese Audio Engineering society, Volume 6, Seiten 74-79, 1958, ist es bekannt, Nachhall zu benutzen. Das Monosignal wird in einem Hallraum verhallt. Es werden zwei Mikrophone verwendet, um aus diesem Hallraum partiell korrelierte Signale aufzunehmen, die dann die Ausgangssignale bilden. Der Nachteil ist, daß ein Nachhall-Raum erforderlich ist. Ein anderes Ausführungsbeispiel dieser Version ist es, einen elektronischen Nachhall zu verwenden, um zwei unkorrelierte Ausgangssignale zu erzeugen. Wie im ersten Beispiel ist die Komplexität dieser Einrichtung hoch;
- Aus H. Lauridsen, F. Schlegel, "Stereophonie und richtungsdiffuse Klangwiedergabe", Gravesaner Blätter, Heft 5, Seiten 28-50, 1956 (das Original von Lauridsen ist in norwegischer Sprache verfaßt), und aus M.R. Schröder "Improved quasi-stereophony and 'colorless' artificial reverberation", Japanese Acoustic Society Am., Volume 33, Seiten 1061-1064, 1961, und aus G.R. Schodder, "Vortäuschen eines akustischen Raumeindrucks", Acustica, Volume 6, Seiten 482-488, 1956, ist ein Verfahren bekannt, bei dem komplementäre Kammfilter oder Allpaßfilter zur Generierung von verschiedenartigen Signalteilen verwendet werden. Das Monosignal wird zweimal, entweder in einem Kammfilterpaar oder in einem Allpaßfilterpaar, gefiltert. Diese beiden Pseudostereo-Ausgangssignale werden durch Filter erzeugt, die komplementäre Amplituden-Charakteristik haben, d.h. die Summe der Transferfunktionen ist '1'. Bei der Kammfilterung wird das Eingangssignal verzögert und abgeschwächt. Dieses Signal wird addiert zum und abgezogen vom Original-Eingangssignal, um das linke und das rechte virtuelle Stereoausgangssignal zu erzeugen. Wenn die Kammfilter durch eine zeitdiskrete Schaltung implementiert werden, haben sie die Transferfunktionen

$$H_1(z) = 1 + a \cdot z^{(-N)} \text{ und } H_2(z) = 1 - a \cdot z^{(-N)},$$

wobei N die Verzögerung ausgedrückt in der Anzahl von Abtastwerten ist und 'a' der abschwächende Multiplikations-Faktor. Dieses Verfahren realisiert eine Frequenzaufteilung für die beiden Ausgangskanäle. Weil einige Eingangssignalfrequenzen nur auf der linken Seite erscheinen, während andere nur auf der rechten Seite erscheinen, entsteht ein Eindruck von Räumlichkeit.

Erfindung

Der Nachteil des Lauridsen-Verfahrens ist das Fehlen einer Aufteilung auf die beiden Ausgangssignale in allen Frequenzbändern. Wegen der linearen Abstände der Kammfilter sind einige Frequenzbänder gut separiert, während andere fast in der Mitte des Stereoklangbilds verbleiben. Normalerweise werden niedrige und mittlere Frequenzbänder gut verarbeitet, aber für die hohen Frequenzbänder entsteht durch dieses Verfahren keine Verbesserung.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Verfahren zur Generierung von Pseudo-Stereo-Signalen aus einem Monosignal anzugeben. Diese Aufgabe wird durch das in Anspruch 1 angegebene Verfahren gelöst.

Der Erfindung liegt die weitere Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens anzugeben. Diese Aufgabe wird durch die in Anspruch 7 angegebene Vorrichtung gelöst.

In der Erfindung kommt ein Multiple-Band-Verfahren zum Einsatz. Die Erfindung verbessert die Qualität der Reproduktion, indem zwei partiell kohärente Signale erzeugt werden. Dabei kann analoge oder digitale Signalverarbeitung verwendet werden. Die zwei partiell kohärenten Signale ergeben den Eindruck von Räumlichkeit.

Bei der Erfindung werden zunächst durch Filterung mehrere (mindestens zwei) verschiedenartige Signale aus dem Mono-Eingangssignal gebildet und dann für jedes dieser verschiedenartigen Signale separat virtuelle Single-Band-Stereo-

reosignale generiert. Diese werden anschließend zu zwei Ausgangssignalen kombiniert. Vorzugsweise haben die virtuellen Stereosysteme in jedem Signalpfad unterschiedliche Parameter, um eine maximale Räumlichkeit zu erreichen.

Die Erfindung beseitigt die Nachteile der bekannten Pseudostereo-Systeme. Die Signalqualität übertrifft deutlich die üblichen LP/HP-Filtermethoden für Single-Band-Pseudostereo-Systeme.

5 Das oben erwähnte, relativ effiziente Verfahren nach Lauridsen, welches Kammfilter oder Allpaßfilter verwendet, erzeugt nur eine ungenügende Räumlichkeit, weil die lineare Aufteilung der Frequenzcharakteristik des Kammfilters nicht an die logarithmische Frequenzempfindlichkeit des menschlichen Hörsystems angepaßt ist (über ca. 500Hz). Die Erfindung dagegen erlaubt die Verwendung verschiedenartiger Pseudostereo-Splittingfilter in jedem Frequenz-

10 Im Prinzip besteht das erfindungsgemäße Verfahren darin, daß zum Generieren eines Mehrton-Signals aus einem Mono-Signal Anteile des Monosignals mittels Filterung und/oder Frequenz-Wichtung des Spektrums des Monosignals und/oder mittels Hallerzeugung aus dem Monosignal den Kanälen des Mehrton-Signals so zugeordnet werden, daß diese Kanäle erste verschiedenartige Signale enthalten, wobei:

- 15 - das Spektrum des Monosignals vor dieser Filterung, Frequenz-Wichtung und/oder Hallerzeugung in mindestens zwei zweite verschiedenartige Signale, z.B. in verschiedene Frequenzbänder, aufgeteilt wird;
- die Filterung, Frequenz-Wichtung und/oder Hallerzeugung getrennt für jedes dieser zweiten verschiedenartigen Signale erfolgt;
- aus den so gebildeten Ausgangssignalen für jedes dieser zweiten verschiedenartigen Signale die ersten verschieden-
- 20 denartigen Ausgangssignale des Mehrton-Signals gebildet werden.

Vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens ergeben sich aus den zugehörigen abhängigen Ansprüchen.

25 Im Prinzip dient die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Generieren eines Mehrton-Signals aus einem Mono-Signal, wobei Anteile des Monosignals den Kanälen des Mehrton-Signals so zugeordnet werden, daß diese Kanäle erste verschiedenartige Signale enthalten. Die Vorrichtung enthält:

- erste Mittel, die aus dem Spektrum des Monosignals mindestens zwei zweite verschiedenartige Signale, z.B. verschiedene Frequenzbänder, generieren;
- 30 - zweite Mittel, die durch Filterung, Frequenzwichtung und/oder Hallerzeugung für jedes dieser zweiten verschiedenartigen Signale mindestens zwei Ausgangssignale erzeugen;
- dritte Mittel, die aus den so gebildeten Ausgangssignalen für jedes dieser zweiten verschiedenartigen Signale die ersten verschiedenartigen Ausgangssignale des Mehrton-Signals bilden.

35 Vorteilhafte Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung ergeben sich aus den zugehörigen abhängigen Ansprüchen.

Zeichnungen

40 Anhand der Zeichnungen sind Ausführungs-Beispiele der Erfindung beschrieben. Diese zeigen in:

Fig. 1 allgemeines Blockdiagramm für eine erfindungsgemäße Generation von Pseudostereo-Signalen;

Fig. 2 Blockdiagramm für ein Ausführungs-Beispiel mit $N=2$.

Ausführungs-Beispiele

Fig. 1 zeigt ein Vierstufensystem. Ein solches System kann durch analoge oder zeitdiskrete Techniken realisiert werden. Die erste Stufe besteht aus einem Kompensationsfilter $H_c(z)$ für das Monosignal MS, welches den Signalfilterungseffekt (z.B. Frequenzgangfehler und/oder Phasengangfehler) der Filter in der folgenden Stufe kompensiert. Ohne das Kompensationsfilter $H_c(z)$ ist die Summe $H_i(z)$, $i=1, \dots, N$, ungleich '1'. Ein gedachtes Mono-Ausgangssignal, welches ja per Definition die Hälfte aus der Summe des linken und des rechten Ausgangssignals ist, wäre nicht identisch mit dem Eingangssignal der gesamten Schaltung. Diese erste Stufe ist optional.

Die folgende zweite Stufe besteht aus N aufeinander abgestimmten Filtern $H_1(z)$, $H_2(z)$, ..., $H_N(z)$, wobei N eine ganze Zahl größer als eins ist und die Eingänge dieser Filter vom Ausgangssignal des Kompensationsfilters $H_c(z)$ gespeist werden. Sehr gute Ergebnisse können schon mit $N = 2$ erreicht werden. Diese Filter generieren mehrere verschiedenartige Kanäle und können entweder eine solche Charakteristik haben, daß sie das Eingangssignal in mehrere Frequenzbänder aufspalten oder sie können eine Wichtung über der Frequenz herbeiführen, d.h. manche Frequenzbereiche relativ zu anderen abschwächen. Im ersten Fall sind die Filter so entworfen, daß sie die Frequenzbänder so

effektiv wie möglich separieren, während im zweiten Fall jedes Filter so entworfen ist, daß nur gewisse Frequenzbänder verstärkt werden aber kein Frequenzband praktisch vollständig ausgefiltert wird.

Beim Entwurf der Filter $H_i(z)$, $i=1, \dots, N$, gibt es z.B. die zwei folgenden Optionen:

- 5 A) $H_1(z)$ Hochpaßfilter, $H_2(z) \dots H_{(n-1)}(z)$ Bandpaßfilter, $H_N(z)$ Tiefpaßfilter, oder eine beliebige andere derartige Reihenfolge. Die Filterkennlinien werden so gewählt, daß sie eine Aufteilung des Frequenzspektrums in solche Frequenzbänder realisieren, die an gewisse - z.B. die logarithmische - Frequenzempfindlichkeiten des Gehörs angepaßt sind;
- 10 B) Die Blöcke $H_i(z)$ stellen verschiedenartige Frequenz-Wichtungsfiler dar, d.h. sie teilen das gesamte Spektrum nicht in verschiedene Frequenzbereiche auf wie in A), sondern sie haben einen anderen Amplitudengang, d.h. teilweise abgesenkte, aber noch hörbare Amplituden.

Die dritte Stufe besteht aus einigen, den abgestimmten Filtern $H_1(z)$, $H_2(z)$, ..., $H_N(z)$ jeweils nachgeordneten Single-Band-Systemen PS1, PS2, ..., PSN, die in jedem Frequenzband separat verwendet werden, um künstliche Stereosignale oder um Mehrton-Signale mit mehr als zwei Kanälen zu erzeugen. Jedes der bekannten Single-Band-Verfahren kann hierfür verwendet werden, vorteilhaft ist das oben erwähnte Verfahren nach Lauridsen. Vorteilhaft werden die Parameter zur Generierung der Pseudostereo- oder Mehrton-Signale in jedem der Frequenzbänder verschieden gewählt, wodurch eine deutliche Verbesserung gegenüber Single-Band-Verfahren mit $N=1$ erreicht wird.

Die Pseudo-Stereo- bzw. Mehrton-Ausgangssignale der Blöcke in der dritten Stufe werden in der vierten Stufe durch den Single-Band-Systemen PS1, PS2, ..., PSN nachgeordnete Kombinerstufen C1 und C2 erzeugt, die das linke OU1 und das rechte OU2 Ausgangssignal oder auch mittels weiterer solcher Kombinerstufen weitere Ausgangssignale formen. Diese Kombination kann additiv und/oder subtraktiv erfolgen, eventuell mit einer zusätzlichen Wichtung.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung bezieht sich auf bestimmte Filterstrukturen und Parameter der Anordnung. Dazu soll anhand von Fig. 2 ein zeitdiskretes System mit $N = 2$ und in der dritten Stufe mit dem Verfahren nach Lauridsen betrachtet werden:

$$H_{11}(z) = 1 + k_1 \cdot z^{(-N1)};$$

$$H_{12}(z) = 1 - k_1 \cdot z^{(-N1)};$$

$$H_{21}(z) = 1 + k_2 \cdot z^{(-N2)};$$

$$H_{22}(z) = 1 - k_2 \cdot z^{(-N2)}.$$

35 Die Werte 'k1' und 'k2' sind abschwächende Multiplikations-Faktoren und haben bei $f_s = 48\text{kHz}$ Abtastfrequenz beispielsweise einen Wert von

$$k_1 = 0,65 \dots 0,85;$$

$$k_2 = 0,75 \dots 0,95;$$

$$40 \quad N_1 = 600 \dots 1500;$$

$$N_2 = 200 \dots 1000.$$

Die Frequenzwichtungsfiler sind in diesem Beispiel gegeben durch

$$45 \quad H_1(z) = (1-q)/(1-q \cdot z^{(-1)}),$$

$$H_2(z) = 1 - q \cdot z^{(-1)}.$$

Das Kompensationsfilter wird dann zu:

$$50 \quad H_c(z) = 1/[H_2(z) - H_1(z)] = (1 - q \cdot z^{(-1)})/[q \cdot c_1 \cdot (1 - ((1+q)/c_1) \cdot z^{(-1)} + (c_2/c_1) \cdot z^{(-2)})],$$

wobei $c_1 = 1 + \sqrt{1+q}$, $c_2 = 1 - \sqrt{1+q}$.

Der Wert 'q' ist ein abschwächender Multiplikations-Faktor und hat beispielsweise einen Wert von $q = 0,6 \dots 0,75$.

55 Das erste Ausgangssignal OU1 wird in einem ersten Subtrahierer S1 durch Subtraktion des Ausgangssignals von $H_{11}(z)$ vom Ausgangssignal von $H_{21}(z)$ erzeugt. Das zweite Ausgangssignal OU2 wird in einem zweiten Subtrahierer S2 durch Subtraktion des Ausgangssignals von $H_{12}(z)$ vom Ausgangssignal von $H_{22}(z)$ erzeugt.

Vorteilhaft werden die Werte für k_1 , k_2 , N_1 , N_2 und q je nach Programm-Material angepaßt, also z.B. unterschiedlich

für Musik und Sprache gewählt. Vorteilhaft werden k_1 und k_2 oder auch andere Werte bei Sprache kleiner gewählt als bei Musik.

Die Erfindung liefert insbesondere für Pseudostereo eine gute Qualität und kann z.B. in Stereo-Fernsehgeräten, in Stereo-Hörfunk-Empfängern oder in PC's angewendet werden, um aus einem empfangenen bzw. vorhandenen Mono-signal ein Pseudostereo-Signal zu generieren.

Statt Pseudostereo- bzw. Zweiton-Signalen können auch Mehrton-Signale generiert werden, indem eine entsprechende zusätzliche Anzahl von Kombinierern C_1 , C_2 , S_1 , S_2 mit zusätzlichen Kombinationsarten verwendet wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Generieren eines Mehrton-Signals (OU_1 , OU_2) aus einem Mono-Signal (MS), bei dem Anteile des Monosignals mittels Filterung und/oder Frequenz-Wichtung des Spektrums des Monosignals und/oder mittels Hallerzeugung aus dem Monosignal den Kanälen des Mehrton-Signals so zugeordnet werden, daß diese Kanäle erste verschiedenartige Signale enthalten, **gekennzeichnet** durch:

- das Spektrum des Monosignals wird vor dieser Filterung, Frequenz-Wichtung und/oder Hallerzeugung (PS_1 , PS_2 , ..., PS_N ; $H_{11}(z)$, $H_{12}(z)$, $H_{21}(z)$, $H_{22}(z)$) in mindestens zwei zweite verschiedenartige Signale, z.B. in verschiedene Frequenzbänder, aufgeteilt ($H_1(z)$, $H_2(z)$, ..., $H_N(z)$);
- die Filterung, Frequenz-Wichtung und/oder Hallerzeugung erfolgt getrennt für jedes dieser zweiten verschiedenartigen Signale;
- aus den so gebildeten Ausgangssignalen für jedes dieser zweiten verschiedenartigen Signale werden mittels Kombination die ersten verschiedenartigen Ausgangssignale (OU_1 , OU_2) des Mehrton-Signals gebildet (C_1 , C_2 , S_1 , S_2).

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Mehrton-Signal ein Zweiton-Signal ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei für jedes der zweiten verschiedenartigen Signale zwei Ausgangssignale gebildet werden.

4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, wobei für die Generierung der Ausgangssignale für die zweiten verschiedenartigen Signale in jedem der Signalpfade (PS_1 , PS_2 , ..., PS_N ; $H_{11}(z)$, $H_{12}(z)$, $H_{21}(z)$, $H_{22}(z)$) unterschiedliche Parameter verwendet werden.

5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Monosignal (MS) vor der Aufspaltung in die zweiten verschiedenartigen Signale eine Kompensationsfilterung ($H_c(z)$) durchläuft, welche an die Charakteristik der nachfolgenden Signalverarbeitungsstufen angepaßt ist.

6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Ausgangssignale für die zweiten verschiedenartigen Signale nach der Methode von Lauridsen generiert (PS_1 , PS_2 , ..., PS_N ; $H_{11}(z)$, $H_{12}(z)$, $H_{21}(z)$, $H_{22}(z)$) werden.

7. Vorrichtung zum Generieren eines Mehrton-Signals aus einem Mono-Signal, bei der Anteile des Monosignals den Kanälen des Mehrton-Signals so zugeordnet werden, daß diese Kanäle erste verschiedenartige Signale enthalten, versehen mit:

- ersten Mitteln ($H_1(z)$, $H_2(z)$, ..., $H_N(z)$), die aus dem Spektrum des Monosignals mindestens zwei zweite verschiedenartige Signale, z.B. verschiedene Frequenzbänder, generieren;
- zweiten Mitteln (PS_1 , PS_2 , ..., PS_N ; $H_{11}(z)$, $H_{12}(z)$, $H_{21}(z)$, $H_{22}(z)$), die durch Filterung, Frequenzwichtung und/oder Hallerzeugung für jedes dieser zweiten verschiedenartigen Signale mindestens zwei Ausgangssignale erzeugen;
- dritten Mitteln (C_1 , C_2 , S_1 , S_2), die aus den so gebildeten Ausgangssignalen für jedes dieser zweiten verschiedenartigen Signale mittels Kombination die ersten verschiedenartigen Ausgangssignale (OU_1 , OU_2) des Mehrton-Signals bilden.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, wobei das Mehrton-Signal ein Zweiton-Signal ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, wobei für jedes der zweiten verschiedenartigen Signale zwei Ausgangssignale gebildet werden.

- 10.** Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 7 bis 9, wobei die zweiten Mittel (PS1, PS2, ..., PSN; $H_{11}(z)$, $H_{12}(z)$, $H_{21}(z)$, $H_{22}(z)$) Ausgangssignale nach der Methode von Lauridsen generieren.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

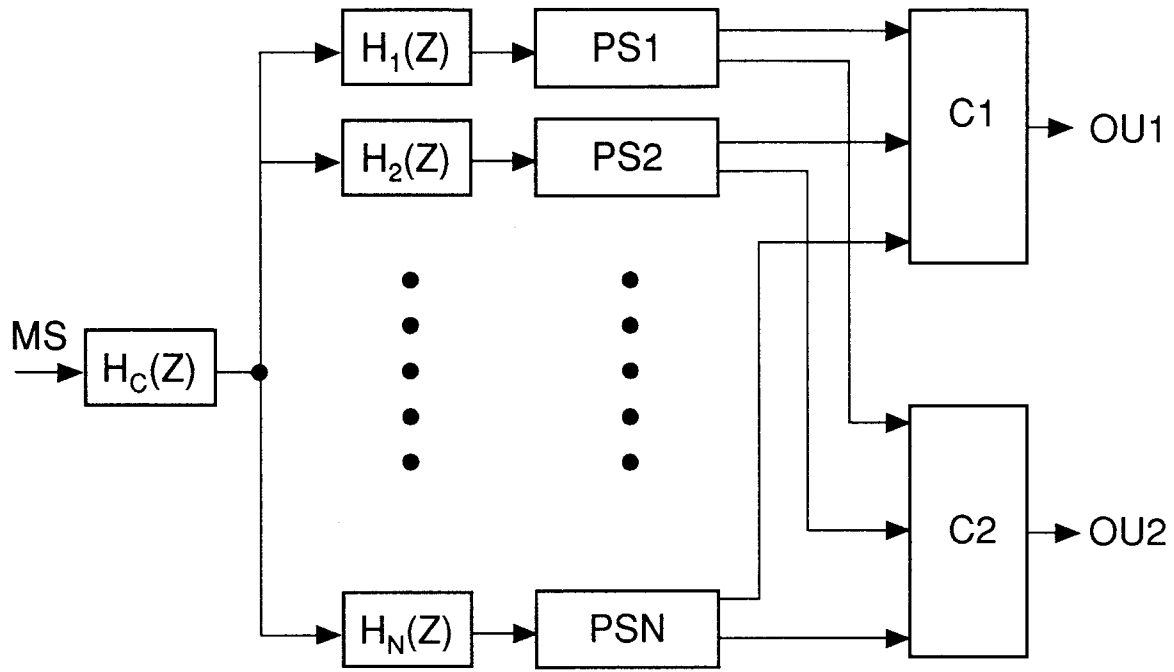


Fig.1

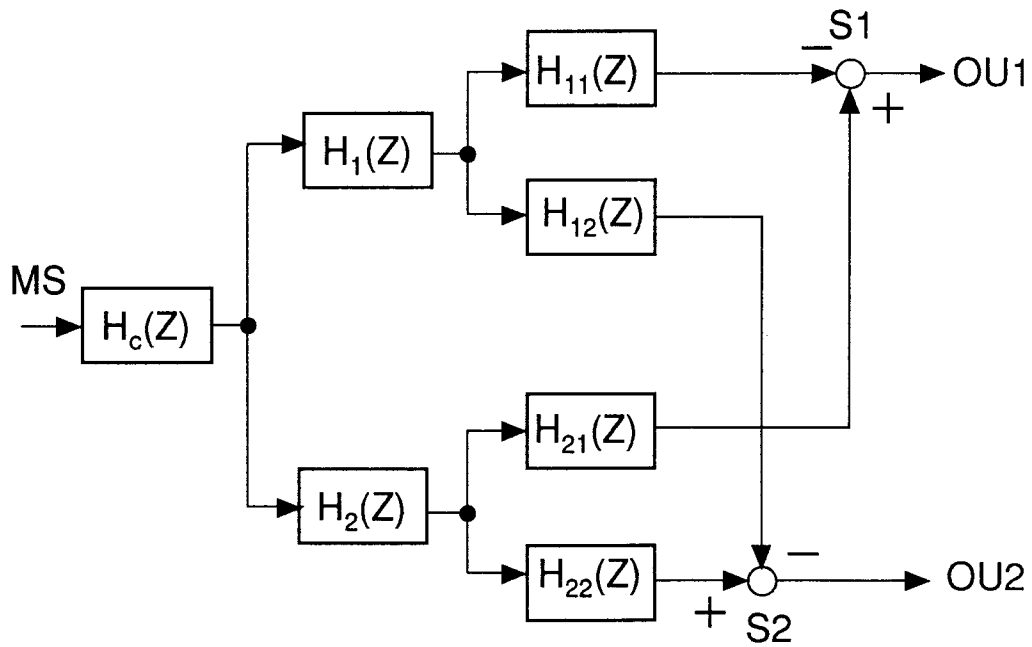


Fig.2