



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 15 836 T2 2004.01.29**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 976 197 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 15 836.9**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/IL98/00179**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 915 062.8**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 98/047227**

(86) PCT-Anmeldetag: **14.04.1998**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **22.10.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **02.02.2000**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **25.06.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **29.01.2004**

(51) Int Cl.7: **H03H 21/00**  
**H03H 17/02**

(30) Unionspriorität:

<b>840159</b>	<b>14.04.1997</b>	<b>US</b>
<b>55709</b>	<b>07.04.1998</b>	<b>US</b>

(84) Benannte Vertragsstaaten:

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

(73) Patentinhaber:

**Andrea Electronics Corp., Melville, N.Y., US**

(72) Erfinder:

**MARASH, Joseph, 34750 Haifa, IL**

(74) Vertreter:

**Vossius & Partner, 81675 München**

(54) Bezeichnung: **INTERFERENZUNTERDRÜCKUNGSSYSTEM UND VERFAHREN MIT DOPPELVERARBEITUNG**

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).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft im Allgemeinen eine Signalverarbeitung, und genauer ein Interferenzunterdrückungssystem und ein Verfahren, das eine Kombination einer adaptiven und einer nicht adaptiven Filterverarbeitung verwendet. Ein System, das eine solche Kombination einer adaptiven und einer nicht adaptiven Filterverarbeitung verwendet, wird hier als ein System mit Doppelverarbeitung bezeichnet.

[0002] Interferenzunterdrückungssysteme finden einen großen Anwendungsbereich, wie zum Beispiel für Richtmikrophone und Hörgeräte. Ein Interferenzunterdrückungssystem verstärkt ein Zielsignal, das von einer Zielquelle (Informationsquelle) ausgeht, während es Störsignale ("Interferenzen") unterdrückt, die aus Interferenzoder Geräuschquellen stammen.

[0003] Interferenzunterdrückungssysteme, die adaptive Filter verwenden, sind in der Technik wohl bekannt. Ein adaptives Filter ist ein Filter, das seine Charakteristiken ändern kann, indem es seine Filterkoeffizienten ändert. Das Interferenzunterdrückungssystem kann ein nicht gerichtetes System mit einem oder mehreren Sensoren sein, die das von dem Ziel empfangene Signal messen, um einen Hauptkanal zu erzeugen, der eine Zielsignalkomponente und eine Interferenzkomponente aufweist. Das System kann einen oder mehrere Sensoren zum Messen der Interferenzen umfassen, um einen oder mehrere Referenzkanäle zu erzeugen. Das adaptive Filter verwendet die Referenzkanäle, um die in dem Hauptkanal vorliegende Interferenzkomponente zu unterdrücken.

[0004] Alternativ kann das System ein gerichtetes System sein, das in der Technik wohl bekannt ist, das ein Zielsignal, das von einer Zielquelle in einer bestimmten Richtung relativ zu dem System stammt, verstärkt und Interferenzen, die von Interferenzquellen in allen anderen Richtungen stammen, unterdrückt. In einem solchen gerichtetem System können das Zielsignal und die Interferenzen durch eine Gruppierung von im Raum verteilten Sensoren, die einen so genannten Strahlenbündler bilden, erfasst werden.

[0005] Ein Strahlenbündler ist eine Form von Ortsfilter, das selbst in der Technik wohl bekannt ist, das Eingaben von einer Gruppierung von im Raum verteilten Sensoren aufnimmt und sie derart kombiniert, dass es Signale, die aus bestimmten Richtungen relativ zu Signalen aus anderen Richtungen kommen, entweder verstärkt oder unterdrückt. Somit kann es die Richtung der Empfangsempfindlichkeit ändern, ohne die Sensorgruppierung physikalisch zu bewegen. Die Eingaben werden für diesen Zweck basierend auf Filterkoeffizienten, wie unten besprochen, kombiniert.

[0006] Bei einer nicht adaptiven Strahlenbündlung werden die Filterkoeffizienten eines Strahlenbündlers so vorbestimmt, dass der Strahlenbündler eine maximale Empfindlichkeit oder eine minimale Empfindlichkeit (null) in einer vorbestimmten Richtung aufweisen kann. Da die Koeffizientenwerte zeitlich festgelegt sind, kann ein nicht adaptiver Strahlenbündler nicht in den Richtungen von starken Interferenzen, die zu bestimmten Zeiten bestehen, wenn sich die Umgebung ändert, Nullen dynamisch platzieren.

[0007] Im Gegensatz dazu werden bei der adaptiven Strahlenbündlung die Ortsfilterkoeffizienten eines Strahlenbündlers kontinuierlich aktualisiert, so dass eine Richtungsempfindlichkeit je nach den sich ändernden Orten von einer Zielquelle und von Interferenzquellen dynamisch geändert werden kann. Für weitere Einzelheiten über Strahlenbündlung siehe Van Veen & Buckley, Beamforming: A Versatile Approach to Spatial Filtering, IEEE ASSP Magazine, April 1988, Seiten 4–24.

[0008] Ein adaptiver Strahlenbündler kann zum Beispiel verwirklicht werden, indem Laufzeitketten mit Abgriffen verwendet werden, die ein Filter mit nichtrekursivem System (FIR) bilden, das in der Zeit variierende Koeffizienten aufweist, die direkt geändert werden, wenn sich die Orte der Interferenzquellen ändern.

[0009] Alternativ kann der adaptive Strahlenbündler unter Verwendung eines adaptiven Filters verwirklicht werden (das eher mit zeitlichen Signalen als mit räumlichen bzw. Ortssignalen arbeitet). Der adaptive Strahlenbündler verwendet Laufzeitketten mit Abgriffen mit feststehenden Koeffizienten, die sich Hauptkanal-Matrix nennen, um ein Signal zu erhalten, das aus der Richtung eines Ziels empfangen wurde, und andere Laufzeitketten mit Abgriffen mit feststehenden Koeffizienten, die sich Referenzkanal-Matrix nennen, um aus allen anderen Richtungen empfangene Interferenzen zu erhalten. Ein adaptives Filter wird verwendet, um Unterdrückungssignale zu erzeugen, die den Interferenzen, deren Richtung sich ändert, ähneln. Auf diese Weise erreicht die Implementierung die gleiche Wirkung, indem die Charakteristiken des adaptiven Filters geändert werden, anstatt direkt die Koeffizienten der Laufzeitketten mit Abgriffen zu ändern. Das adaptive Filter subtrahiert im Allgemeinen die Unterdrückungssignale von dem Hauptkanal und stellt die Filtergewichte so ein, dass sie die mittleren quadratischen Werte der Ausgabe minimieren. Wenn sich die Filtergewichte stabilisieren bzw. einschwingen, folgen die Unterdrückungssignale dicht auf die Interferenzen, so dass die Ausgabe im Wesentlichen verringerte Interferenzen aufweist.

[0010] Bei einigen Anwendungen ist es wichtig, in der Lage zu sein, eine Breitbandeingabe zu verarbeiten, das heißt, eine Eingabe, die eine relativ große Bandbreite aufweist. Bei Hörapparaten ist zum Beispiel Sprachverständlichkeit für die Leistung entscheidend. Es ist wohl bekannt, dass der höherfre-

quente Abschnitt des Sprachspektrums einen großen Teil der für die Sprachverständlichkeit benötigten Informationen trägt. Bei Anwendungen wie zum Beispiel bei Hörgeräten oder Richtmikrofonen für Stimmaktivierungssysteme erfordert eine gute Verständlichkeit eine Bandbreite von mindestens 6 kHz. In der Tat tolerieren professionelle Audiosysteme keine Bandbreite unter 12 kHz.

[0011] Dieses Erfordernis der Bandbreite stellt für das Interferenzunterdrückungssystem, das eine adaptive Filterverarbeitung verwendet, eine große rechnerische Last dar. Die adaptive Filterverarbeitung ist von Natur aus rechenintensiv. Sie beinhaltet das Durchführen von Filteroperationen, um eine Ausgabe zu erzeugen, und außerdem das Aktualisieren von Filtergewichten auf Basis der Ausgabe. All diese Operationen müssen für jede neue Abtastung durchgeführt werden.

[0012] Um die Operation eines adaptiven Filters im diskreten Zeitbereich von irgendeiner Bandbreite auf eine größere Bandbreite zu erweitern, sollte die Abtastrate erhöht werden, um eine vergleichbare Qualität aufrechtzuerhalten. Gemäß dem wohl bekannten Abtast-Theorem ist eine Abtastrate von mindestens der doppelten maximalen Frequenz eines eingehenden analogen Signals erforderlich, um das Signal in dem diskreten Zeitbereich vollständig darzustellen. Die erhöhte Abtastrate erhöht die Anzahl an Operationen, die pro Zeiteinheit durchgeführt werden müssen.

[0013] Das Erhöhen der Abtastrate alleine reicht jedoch nicht aus, um die größere Bandbreite zu bewältigen. Ein adaptives Filter wirkt auf spätere Abtastungen, indem es frühere Abtastungen innerhalb eines gegebenen Zeitraums als Feedback beobachtet. Wie gut das adaptive Filter reagieren kann, hängt davon ab, wie lange das Filter die früheren Abtastungen beobachten kann. Dieser Zeitraum wird effektive Zeitverzögerung durch ein adaptives Filter genannt. Die Verzögerung ist proportional zu der Anzahl an Filterstufen, die jeweils einen Filterkoeffizienten speichern, geteilt durch die Abtastfrequenz. Wenn die Abtastfrequenz erhöht wird, sollte die Anzahl an Filterstufen erhöht werden, um die gleiche effektive Zeitverzögerung aufrechtzuerhalten. Die erhöhte Anzahl an Filterstufen erhöht auch die Anzahl an Operationen, die pro Zeiteinheit durchgeführt werden müssen.

[0014] Die Kombination der Erhöhung der Abtastrate und der Erhöhung der Anzahl an erforderlichen Filterstufen erhöht erheblich die Anzahl an Operationen, die von einem Prozessor durchgeführt werden müssen. Somit stellt eine einfache Erweiterung einer adaptiven Filterverarbeitung auf eine größere Bandbreite eine unverhältnismäßig große rechnerische Last für das System dar und ist somit nicht wünschenswert.

[0015] Die einfache Erweiterung der adaptiven Filterverarbeitung stellt für ein Interferenzunterdrückungssystem, das eine adaptive Filterverarbeitung verwendet, ein weiteres Problem dar. Adaptive Inter-

ferenzunterdrückungssysteme unterliegen einer Signalableitung. Das System arbeitet gut, wenn der Referenzkanal nicht mit dem Hauptkanal korreliert ist. In der Praxis enthält der Referenzkanal jedoch einige Signale, die aufgrund von Signalableitung von dem Hauptkanal selber mit dem Hauptkanal korreliert sind. Die adaptive Filterverarbeitung kann dann teilweise sowohl das Zielsignal als auch die Interferenzen unterdrücken. Die Signalableitung tritt aus folgendem Grund eher bei höheren Frequenzen auf.

[0016] Die Referenzkanal-Matrix erzeugt Referenzkanäle, indem sie eine Null in der Zielrichtung schafft (durch Unterdrücken von Signalen aus der Zielrichtung). Um die Signale aus der Zielrichtung wirksam zu unterdrücken, sollte die Null so weit wie möglich in der Zielrichtung sein. Die Null sollte auch breit genug sein, um für die Signale, die etwas von der Zielrichtung abweichen, eine gewisse Toleranz zu bieten. Es stellt sich heraus, dass die Null bei niedrigeren Frequenzen viel breiter ist als bei höheren Frequenzen. Daher würde jede Fehljustierung in der Sensorgruppierung die Wirksamkeit der Null bei niedrigen Frequenzen viel weniger beeinflussen als bei höheren Frequenzen. Mit anderen Worten ist das System bei höheren Frequenzen viel anfälliger für eine Fehljustierung als bei niedrigeren Frequenzen.

[0017] Daher besteht ein Bedarf an einem verbesserten Interferenzunterdrückungssystem, das eine Eingabe einer gegebenen Bandbreite verarbeiten kann, ohne bedeutend die rechnerischen Erfordernisse zu erhöhen und ohne die Nachteile der adaptiven Filterverarbeitung bei höheren Frequenzen aufzuweisen. Es sei angemerkt, dass die Erfindung auf ein System mit jeder Bandbreite anwendbar ist; es ist keine minimale Bandbreite für ihre Anwendung beabsichtigt, da sie Vorteile in Bezug auf Verarbeitungswirksamkeiten oder -fähigkeiten für jede Bandbreite schaffen kann.

## ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0018] Demnach ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Interferenzunterdrückungssystem zur Verfügung zu stellen, das eine Breitbandeingabe verarbeiten kann, ohne die rechnerische Last unverhältnismäßig zu erhöhen.

[0019] Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Interferenzunterdrückungssystem zur Verfügung zu stellen, das die Probleme vermeiden kann, die gewöhnlich bei höheren Frequenzen mit der adaptiven Filterverarbeitung auftreten.

[0020] Diese und andere Aufgaben werden gemäß der vorliegenden Erfindung erreicht, indem ein Eingangsspektrum in untere und obere Unterbereiche bzw. Subbänder unterteilt wird und eine adaptive Filterverarbeitung an den unteren Unterbereich angelegt wird, während eine adaptive Filterverarbeitung an den oberen Unterbereich angelegt wird. Diese Doppelverarbeitung basiert auf der Erkenntnis, dass die Leistung der adaptiven Filterverarbeitung bei hö-

heren Frequenzen schlechter wird. Da die nicht adaptive Filterverarbeitung eine viel geringere rechnerische Last aufweist, ist das Gesamtergebnis besser, da eine Breitbandverarbeitung mit einer bedeutend niedrigeren rechnerischen Last verarbeitet wird.

[0021] In einer bevorzugten Ausführungsform werden ein Hauptkanal und Referenzkanäle unter Vennrendung einer nicht adaptiven Filterverarbeitung erhalten. Der Hauptkanal wird dann in untere und obere Unterbereiche verzweigt. Die Referenzkanäle werden auch auf die gleiche Weise verzweigt, es werden jedoch nur die unteren Unterbereiche behalten, während die oberen Unterbereiche verworfen werden. Ein adaptives Filter verwendet den unteren Unterbereich des Hauptkanals und die unteren Unterbereiche der Referenzkanäle, um Unterdrückungssignale zu erzeugen, die dann von dem unteren Unterbereich des Hauptkanals subtrahiert werden, um eine untere Unterbereichsausgabe zu erzeugen. Die untere Unterbereichsausgabe wird mit dem oberen Unterbereich des Hauptkanals kombiniert, um die Breitbandausgabe zu rekonstruieren.

[0022] Die oben angegebenen Aufgaben werden vorzugsweise gemäß der vorliegenden Erfindung unter Verwendung von Verfahren erreicht, die, wie denjenigen, die sich auf diesem Gebiet auskennen, klar sein wird, leicht in einem Programm implementiert werden können, das einen im Handel erhältlichen digitalen Signalverarbeiter oder einen Mikroprozessor für allgemeine Zwecke steuert.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0023] Die Aufgaben, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden leichter aus der folgenden detaillierten Beschreibung der Erfindung deutlich, wobei:

[0024] **Fig. 1** ein Blockdiagramm eines Systems ist, das die Verarbeitung des Unterbereichs verwendet;

[0025] **Fig. 2** ein Blockdiagramm eines Systems ist, das die Breitbandverarbeitung mit frequenzbegrenzter Adaptation verwendet;

[0026] **Fig. 3** ein Blockdiagramm eines Systems ist, das die Breitbandverarbeitung mit einem externen Hauptkanal-Generator verwendet;

[0027] **Fig. 4A–4D** ein Flussdiagramm sind, das die Operation eines Programms zeigt, das verwendet werden kann, um ein Verfahren zu implementieren, das die Verarbeitung des Unterbereichs verwendet;

[0028] **Fig. 5A–5C** ein Flussdiagramm sind, das die Operation eines Programms zeigt, das verwendet werden kann, um ein Verfahren zu implementieren, das die Verarbeitung des Unterbereichs mit frequenzbegrenzter Adaptation verwendet; und

[0029] **Fig. 6A–6C** ein Flussdiagramm sind, das die Operation eines Programms zeigt, das verwendet werden kann, um ein Verfahren zu implementieren, das die Verarbeitung des Unterbereichs mit einem externen Hauptkanal-Generator verwendet.

#### GENAUE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

##### A. Implementierung des Systems

##### 1. Verarbeitung des Unterbereichs

[0030] **Fig. 1** zeigt eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die Unterbereiche verwendet, wo ein adaptives Filter eher von den Unterbereichen als von der gesamten Bandbreite des Eingangssignals betrieben wird. Unterbereiche ergeben sich durch das Unterteilen eines breiteren Bereichs auf irgendeine Weise, solange die Unterbereiche kombiniert werden können, so dass der breitere Bereich ohne Verzerrungen rekonstruiert werden kann. Man kann eine so genannte "vollkommene Rekonstruktionsstruktur", wie sie in der Technik bekannt ist, verwenden, um das Breitband in Unterbereiche bzw. Subbänder zu verzweigen und um die Unterbereiche im Wesentlichen ohne Verzerrung zu kombinieren. Für Einzelheiten über vollkommene Rekonstruktionsstrukturen siehe P. P. Vaidyanathan, Quadrature Mirror Filter Banks, M-Band Extensions and Perfect Reconstruction Techniques, IEEE ASSP Magazine, Seiten 4–20, Juli 1987.

[0031] In der bevorzugten Ausführungsform wird ein breiterer Bereich in Unterbereiche unterteilt, wobei mehrere Unterteilungsschritte nacheinander über Zwischenbereiche verwendet werden. Breitbandeingaben von einer Gruppierung von Sensoren, **1a–1d**, werden mit einer geeigneten Abtastfrequenz abgetastet und in eine Hauptkanal-Matrix **2** und eine Referenzkanal-Matrix **3** eingegeben. Die Hauptkanal-Matrix erzeugt einen Hauptkanal, ein in der Hauptblickrichtung der Sensorgruppierung empfangenes Signal, das eine Zielsignalkomponente und eine Interferenzkomponente enthält. Alternativ kann der Hauptkanal durch einen externen Hauptkanal-Generator, wie zum Beispiel ein Linsenmikrophon, ein Mikrophon mit Parabolreflektor oder ein Zweisystem-Mikrophon, vorgesehen sein.

[0032] **F1, 4** und **F2, 5** sind Verzweigen, die zunächst den Hauptkanal in zwei Zwischenbereiche verzweigen, gefolgt vom Unterabtasten um zwei. Das Unterabtasten ist bei der digitalen Signalverarbeitung ein wohl bekanntes Verfahren. Das Unterabtasten um zwei ist zum Beispiel ein Verfahren der Unterabtastung, indem jeder zweite Datenpunkt genommen wird. Das Unterabtasten ist in der Figur durch einen Pfeil nach unten angezeigt. Die Verzweigen **F3, 6** und **F4, 7** verzweigen den unteren Zwischenbereich weiter in zwei Unterbereiche mit anschließendem Unterabtasten um zwei.

[0033] In einem Beispiel, wobei ein Eingangssignal von 16 kHz verwendet wird, ist das Ergebnis ein unterer 0–4-kHz-Unterbereich mit  $\frac{1}{4}$  der Eingangsabtastrate, ein oberer 4–8-kHz-Unterbereich mit  $\frac{1}{4}$  der Eingangsabtastrate, und ein weiterer oberer 8–16 kHz-Zwischenbereich mit  $\frac{1}{2}$  der Eingangsabtastrate.

[0034] Die Referenzkanäle werden auf die gleiche

Weise durch die Filter F1, **8**, und F2, **9**, verarbeitet, um nur den unteren Unterbereich mit  $\frac{1}{4}$  der Eingangsabtastrate zu schaffen, während die anderen Unterbereiche verworfen werden.

[0035] Die unteren Unterbereiche der Referenzkanäle werden in ein adaptives Filter **10** eingespeist, das Unterdrückungssignale erzeugt, die sich Interferenzen annähern, die in dem Hauptkanal vorliegen. Ein Subtrahieren **11** subtrahiert die Unterdrückungssignale von dem unteren Unterbereich des Hauptkanals, um eine Ausgabe in dem unteren Unterbereich zu erzeugen. Die Ausgabe wird zum adaptiven Filter zum Aktualisieren der Filtergewichte zurückgeführt. Die adaptive Filterverarbeitung und die Subtraktion werden mit der für den unteren Unterbereich geeigneten unteren Abtastrate durchgeführt. Gleichzeitig werden die anderen oberen Bereiche des Hauptkanals durch Verzögerungseinheiten, **12** und **13**, jeweils um eine angemessene Zeit verzögert, um verschiedene Verzögerungen auszugleichen, die durch die verschiedene Verarbeitung, die jeder Unterbereich durchläuft, auszugleichen und um sie mit den anderen Unterbereichen zu synchronisieren. Die Verzögerungseinheiten können durch eine Reihe von Zählwerken bzw. Registern oder eine programmierbare Verzögerung verwirklicht werden. Die Ausgabe aus dem Subtrahieren wird mit den anderen beiden Unterbereichen des Hauptkanals durch die Rekonstruktionsfilter H1-H4, **14–17**, kombiniert, um eine Breitbandausgabe zu rekonstruieren. H1-H4 können so gestaltet sein, dass sie zusammen mit F1–F4 eine theoretisch vollkommene Rekonstruktion ohne jegliche Verzerrungen zur Verfügung stellen.

[0036] Rekonstruktionseinrichtungen H3 und H4 kombinieren die unteren und oberen Unterbereiche zu einem unteren Zwischenbereich, gefolgt von einer Interpolation um zwei. Eine Interpolation ist bei der digitalen Signalverarbeitung ein wohl bekanntes Verfahren. Die Interpolation um zwei ist zum Beispiel ein Überabtastverfahren, das die Anzahl an Abtastungen erhöht, indem jeder zweite Datenpunkt genommen wird und diese interpoliert werden, um sie als Abtastungen dazwischen einzufügen. Das Überabtasten wird in der Figur durch einen Pfeil nach oben angezeigt. Die Rekonstruktionseinrichtungen H1, **16**, und H2, **17**, kombinieren weiter die zwei Zwischenbereiche zu einem Breitband.

[0037] In der beschriebenen bevorzugten Ausführungsform wird eine nicht adaptive Filterverarbeitung in dem oberen Unterbereich von 4–16 kHz durchgeführt. Die adaptive Filterverarbeitung wird in dem unteren Unterbereich von 0–4 kHz durchgeführt, wo sich die meisten Interferenzen befinden. Da die nicht adaptive Filterverarbeitung allgemein wenig Berechnungen beinhaltet, kann die Verwendung der nicht adaptiven Filterverarbeitung in dem oberen Unterbereich die rechnerische Last erheblich verringern. Das Ergebnis ist eine überlegene Leistung ohne eine kostspielige Zunahme der benötigten Hardware.

## 2. Breitbandverarbeitung mit bereichsbegrenzter Adaptation

[0038] **Fig. 2** zeigt verwandte Technik, die nicht Gegenstand der vorliegenden Erfindung wie beansprucht ist, und die eine Breitbandverarbeitung mit bereichsbegrenzter Adaptation verwendet. Anstelle der Verwendung von Unterbereich-Unterdrückungssignalen, die auf einen Unterbereich-Hauptkanal wirken, verwendet die Ausführungsform Breitband-Unterdrückungssignale, die auf einen Breitband-Hauptkanal wirken. Da jedoch die adaptive Filterverarbeitung in einem niederfrequenten Bereich erfolgt, werden die resultierenden Unterdrückungssignale in ein Breitbandsignal umgewandelt, so dass es von dem Breitband-Hauptkanal subtrahiert werden kann.

[0039] Breitbandeingaben von einer Gruppierung von Sensoren, **21a–21d**, werden wie zuvor mit einer geeigneten Abtastfrequenz abgetastet und in eine Hauptkanal-Matrix **22** und eine Referenzkanal-Matrix **23** eingegeben. Die Hauptkanal-Matrix erzeugt einen Hauptkanal, ein in der Hauptblickrichtung empfangenes Signal, das eine Zielsignalkomponente und eine Interferenzkomponente aufweist. Die Referenzkanal-Matrix erzeugt Referenzkanäle, die aus allen anderen Richtungen empfangene Interferenzen darstellen. Ein Tiefpassfilter **25** filtert die Referenzkanäle und führt an ihnen eine Unterabtastung durch, um einem adaptiven Filter **26** niederfrequente Signale zuzuführen.

[0040] Das adaptive Filter **26** wirkt auf diese niederfrequenten Signale, um niederfrequente Unterdrückungssignale zu erzeugen, die einen niederfrequenten Abschnitt der Interferenzkomponente des Hauptkanals schätzen. Die niederfrequenten Unterdrückungssignale werden durch einen Interpolator **28** in Breitbandsignale umgewandelt, so dass sie durch einen Subtrahierer **29** von dem Hauptkanal subtrahiert werden können, um eine Breitbandausgabe zu erzeugen.

[0041] Die Breitbandausgabe wird durch ein Filter **24** tiefpassgefiltert und eine Unterabtastung wird durchgeführt, um dem adaptiven Filter **26** ein niederfrequentes Rückkopplungssignal zuzuführen. Inzwischen wird der Hauptkanal durch eine Verzögerungseinheit **27** verzögert, um ihn mit den Unterdrückungssignalen von dem adaptiven Filter **26** zu synchronisieren.

## 3. Breitbandverarbeitung mit einem externen Hauptkanal-Generator

[0042] **Fig. 3** zeigt noch eine weitere Ausführungsform der verwandten Technik, die nicht Gegenstand der vorliegenden Erfindung wie beansprucht ist und die ähnlich zu der vorherigen Ausführungsform ist, mit der Ausnahme, dass ein externer Hauptkanal-Generator anstelle einer Hauptkanal-Matrix verwendet wird, um einen Breitband-Hauptkanal zu erhalten. Diese Ausführungsform ist nützlich, wenn es

gewünscht ist, die Breitbandfähigkeiten von im Handel erhältlichen Hi-Fi-Mikrofonen zu nutzen.

[0043] Eine Breitbandeingabe wird erhalten, indem ein externer Hauptkanal-Generator, wie zum Beispiel ein Linsenmikrofon **43**, ein Mikrofon mit Parabolreflektor **44** oder ein Zweisystem-Mikrofon, verwendet wird. Die Breitbandeingabe wird durch einen Hi-Fi-A/D-Umsetzer **45** abgetastet. Die Abtastrate sollte vorzugsweise hoch genug sein, um die große Bandbreite und die Audioqualität des externen Hauptkanal-Generators beizubehalten.

[0044] Eine Referenzkanal-Matrix **42** wird verwendet, um niederfrequente Referenzkanäle zu erhalten, die Interferenzen in dem niederfrequenten Bereich darstellen. Da die adaptive Filterverarbeitung in dem niederfrequenten Bereich erfolgt, benötigt die Referenzkanal-Matrix keine Breitbandfähigkeit.

[0045] Ein Subtrahieren **50** wird verwendet, um Unterdrückungssignale unter Schätzung von Interferenzen von der Breitbandeingabe zu subtrahieren. Die Breitbandausgabe wird durch einen Tiefpassfilter **46** gefiltert, der auch eine Unterabtastung durchführt. Die tiefpassgefilterte Ausgabe und die niederfrequenten Referenzkanäle werden einem adaptiven Filter **47** zugeführt. Das adaptive Filter wirkt auf diese niederfrequenten Signale, um niederfrequente Unterdrückungssignale zu erzeugen. Inzwischen wird die Breitbandeingabe durch eine Verzögerungseinheit **48** verzögert, so dass sie mit den Unterdrückungssignalen von dem adaptiven Filter **47** synchronisiert werden können. Die Verzögerungseinheit kann durch eine Reihe von Zählwerken bzw. Registern oder durch eine programmierbare Verzögerung verwirklicht werden. Die niederfrequenten Unterdrückungssignale werden durch einen Interpolator **49** in Breitband-Unterdrückungssignale umgewandelt, so dass sie von dem Breitband-Hauptkanal subtrahiert werden können, um die Breitbandausgabe zu erzeugen.

[0046] Es sei angemerkt, dass das in der vorliegenden Erfindung verwendete adaptive Filter nicht auf eine besondere Art von adaptivem Filter begrenzt ist. Zum Beispiel kann die vorliegende Erfindung unter Verwendung der Erfindung durchgeführt werden, die in der gemeinsam übertragenen und anhängigen US-Patentanmeldung Nr. 08/672.899, eingereicht am 27. Juni 1996, mit dem Titel "System and Method for Adaptive Interference Controlling", von dem Erfinder Joseph Marash, und ihrer entsprechenden PCT-Anmeldung WO 97/50186, veröffentlicht am 31. Dezember 1997, offenbart ist.

[0047] Insbesondere kann das adaptive Filter gewichtsbeschränkende Einrichtungen zum Verkleinern von aktualisierten Filtergewichtswerten auf vorbestimmte Schwellenwerte, wenn jedes der aktualisierten Filtergewichtswerte den entsprechenden Schwellenwert übersteigt, beinhalten. Das adaptive Filter kann des Weiteren eine Sperreinrichtung zum Schätzen der Leistung des Hauptkanals und der Leistung der Referenzkanäle und zum Erzeugen eines Sperrsignals zur gewichtsaktualisierenden Einrichtung ba-

sierend auf einem normalisierten Leistungsunterschied zwischen dem Hauptkanal und den Referenzkanälen beinhalten.

[0048] Die gewichtsbeschränkende Einrichtung kann eine frequenzselektive Gewichtssteuerungseinheit einschließen, die eine schnelle Fourier-Transformationseinheit (FFT) zum Empfangen von adaptiven Filtergewichten und Durchführen der FFT der Filtergewichte zum Erhalten von Frequenzdarstellungswerten, einen Satz von Elementen zur Frequenzauflösung (frequency bins) zum Speichern der Frequenzdarstellungswerte, unterteilt in einen Satz von Frequenzbereichen, einen Satz von Verkleinerungseinheiten zum Vergleichen der Frequenzdarstellungswerte mit einer Schwelle, die jedem Element zur Frequenzauflösung zugeordnet ist, und zum Verkleinern der Werte, wenn sie die Schwelle überschreiten, einen Satz von Speicherzellen zum vorübergehenden Speichern der verkleinerten Werte, und eine inverse schnelle Fourier-Transformationseinheit (IFFT) zum Zurückwandeln dieser zu den adaptiven Filtergewichten beinhaltet.

## B. Software-Implementierung

[0049] Die hier beschriebene Erfindung kann unter Verwendung eines im Handel erhältlichen digitalen Signalverarbeiters (DSP), wie zum Beispiel der Reihe 2100 von Analog Device oder anderer Mikroprozessoren für allgemeine Zwecke implementiert werden. Für weitere Informationen über die Reihe 2100 Analog Device siehe Analog Device, ADSP-2100 Family User's Manual, 3. Ausgabe, 1995.

### 1. Verarbeitung des Unterbereichs

[0050] Die **Fig. 4A–4D** sind ein Flussdiagramm, das die Operation eines Programms gemäß der ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Verwendung der Verarbeitung des Unterbereichs zeigt.

[0051] Nach dem Start bei Schritt **100** initialisiert das Programm Register und Zeiger sowie Puffer (Schritte **110–120**). Wenn eine Abtasteinheit eine Unterbrechung bzw.

[0052] einen Alarm (Schritt **131**) sendet, dass die Abtastungen fertig sind, liest das Programm die Abtastwerte (Schritt **130**) und speichert sie in dem Speicher (Schritt **140**).

[0053] Das Programm ruft die Eingabewerte (Schritt **151**) und die Hauptkanal-Matrixkoeffizienten (Schritt **152**) wieder ab, um einen Hauptkanal zu erzeugen, und zwar durch Filtern der Eingabewerte unter Verwendung der Koeffizienten (Schritt **150**), und speichert dann das Ergebnis in dem Speicher (Schritt **160**).

[0054] Das Programm ruft die Eingabewerte (Schritt **171**) und die Hauptkanal-Matrixkoeffizienten (Schritt **172**) wieder ab, um einen Referenzkanal zu erzeugen, und zwar durch Filtern der Eingabewerte unter

Verwendung der Koeffizienten (Schritt **170**), und speichert dann das Ergebnis (Schritt **180**). Die Schritte **170** und **180** werden wiederholt, um alle anderen Referenzkanäle zu erzeugen (Schritt **190**).

[0055] Das Programm ruft den Hauptkanal (Schritt **201**) und die F1-Filterkoeffizienten (Schritt **202**) wieder ab, um einen unteren Zwischenbereich mit  $\frac{1}{2}$  der Abtastrate, die für den gesamten Hauptkanal geeignet ist, zu erzeugen, indem es den Hauptkanal mit den Koeffizienten filtert und die gefilterte Ausgabe unterabtastet (Schritt **210**), und speichert dann das Ergebnis (Schritt **220**). Entsprechend werden die F2-Filterkoeffizienten verwendet, um einen oberen Zwischenbereich mit  $\frac{1}{2}$  der Abtastrate zu erzeugen (Schritt **240**). F3 und die F3-Filterkoeffizienten werden verwendet, um weiter einen unteren Unterbereich mit  $\frac{1}{2}$  der Abtastrate (Schritt **260**) und einen oberen Unterbereich mit  $\frac{1}{2}$  der Abtastrate (Schritt **280**) zu erzeugen.

[0056] Das Programm ruft einen der Referenzkanäle (Schritt **291**) und die F1-Filterkoeffizienten (Schritt **292**) wieder ab, um einen Zwischenbereich mit  $\frac{1}{4}$  der Abtastrate zu erzeugen, indem es den Referenzkanal mit den Koeffizienten filtert und die gefilterte Ausgabe unterabtastet (Schritt **290**), und speichert dann das Ergebnis (Schritt **300**). Entsprechend werden die F2-Filterkoeffizienten verwendet, um einen unteren Unterbereich mit  $\frac{1}{4}$  der Abtastrate zu erzeugen (Schritt **320**). Die Schritte **290–320** werden für alle anderen Referenzkanäle wiederholt (Schritt **330**).

[0057] Das Programm ruft die Referenzkanäle (Schritt **341**) und den Hauptkanal (Schritt **342**) wieder ab, um unter Verwendung einer adaptiven strahlenbündelnden Verarbeitungsroutine (Schritt **340**) ein Unterdrückungssignal zu erzeugen. Das Programm subtrahiert die Unterdrückungssignale von dem Hauptkanal, um die Interferenzkomponente in dem Hauptkanal zu unterdrücken (Schritt **350**).

[0058] Das Programm interpoliert dann die Ausgabe von der adaptiven strahlenbündelnden Verarbeitungsroutine (Schritt **360**) und filtert die Ausgabe mit den H3-Filterkoeffizienten (Schritt **361**), um eine überabgetastete Version zu erhalten (Schritt **370**). Das Programm interpoliert auch den Hauptkanal in dem unteren Bereich (Schritt **380**) und filtert ihn mit den H4-Filterkoeffizienten (Schritt **381**), um eine überabgetastete Version (Schritt **390**) zu erhalten. Das Programm kombiniert die überabgetasteten Versionen, um einen unteren Zwischenhauptkanal zu erhalten (Schritt **400**).

[0059] Das Programm interpoliert den unteren Zwischenhauptkanal (Schritt **410**) und filtert ihn mit den H1-Filterkoeffizienten (Schritt **420**), um eine überabgetastete Version (Schritt **420**) zu erhalten. Das Programm interpoliert auch den oberen Zwischenhauptkanal (Schritt **430**) und filtert ihn mit den H2-Filterkoeffizienten (Schritt **431**), um eine überabgetastete Version (Schritt **440**) zu erhalten. Das Programm kombiniert die überabgetasteten Versionen, um eine Breitbandausgabe zu erhalten (Schritt **450**).

## 2. Breitbandverarbeitung mit frequenzbegrenzter Adaptation

[0060] Die Fig. 5A–5C sind ein Flussdiagramm, das die Operation eines Programms gemäß der verwendeten Technik unter Verwendung einer Breitbandverarbeitung mit frequenzbegrenzter Adaptation zeigt.

[0061] Nach dem Start bei Schritt **500** initialisiert das Programm Register und Zeiger sowie Puffer (Schritte **510–520**). Wenn eine Abtasteinheit eine Unterbrechung bzw. einen Alarm (Schritt **531**) sendet, dass die Abtastungen fertig sind, liest das Programm die Abtastwerte (Schritt **530**) und speichert sie in dem Speicher (Schritt **540**).

[0062] Das Programm ruft die Breitbandabtastwerte (Schritt **551**) und die Hauptkanal-Matrixkoeffizienten (Schritt **552**) wieder ab, um einen Breitband-Hauptkanal zu erzeugen, und zwar durch Filtern der Breitbandabtastwerte mit den Koeffizienten (Schritt **550**), und speichert dann das Ergebnis in dem Speicher (Schritt **560**).

[0063] Das Programm ruft die Breitbandabtastungen (Schritt **571**) und die Referenzkanal-Matrixkoeffizienten (Schritt **572**) wieder ab, um einen Breitband-Referenzkanal zu erzeugen, und zwar durch Filtern der Abtastungen unter Verwendung der Koeffizienten (Schritt **570**), und speichert dann das Ergebnis (Schritt **580**). Die Schritte **570** und **580** werden wiederholt, um alle anderen Referenzkanäle zu erzeugen (Schritt **590**).

[0064] Das Programm ruft die Referenzkanäle (Schritt **601**), die unterabgetastet sind (Schritt **602**), den Hauptkanal (Schritt **603**), der auch auf die niedrige Abtastrate unterabgetastet ist (Schritt **604**), und die niederfrequente Ausgabe (Schritt **605**) wieder ab, um ein niederfrequentes Unterdrückungssignal (Schritt **600**) unter Verwendung einer adaptiven strahlenbündelnden Verarbeitungsroutine zu erzeugen. Das Programm aktualisiert die adaptiven Filtergewichte (Schritt **610**) und interpoliert das niederfrequente Unterdrückungssignal, um ein Breitband-Unterdrückungssignal zu erzeugen (Schritt **620**). Die Schritte **610–620** werden für alle anderen Referenzkanäle wiederholt (Schritt **630**).

[0065] Das Programm subtrahiert die Unterdrückungssignale von dem Hauptkanal, um die Interferenzkomponente in dem Hauptkanal zu unterdrücken (Schritt **640**).

[0066] Das Programm filtert und interpoliert die Breitbandausgabe (Schritt **650**), so dass die niederfrequente Ausgabe zurückgeführt werden kann, um die adaptiven Filtergewichte zu aktualisieren.

## 3. Breitbandverarbeitung mit einem externen Hauptkanal-Generator

[0067] Die Fig. 6A–6C sind ein Flussdiagramm, das die Operation eines Programms gemäß der verwendeten Technik unter Verwendung einer Breitbandverarbeitung mit einem externen Hauptkanal-Generator

zeigt.

[0068] Nach dem Start bei Schritt **700** initialisiert das Programm Register und Zeiger sowie Puffer (Schritte **710–720**). Wenn eine Abtasteinheit eine Unterbrechung bzw. einen Alarm (Schritt **731**) sendet, dass die Abtastungen fertig sind, liest das Programm die Abtastwerte (Schritt **730**) und speichert sie in dem Speicher (Schritt **740**).

[0069] Das Programm liest dann eine Breitbandeingabe von dem externen Hauptkanal-Generator (Schritt **750**) und speichert sie als einen Hauptkanal (Schritt **760**).

[0070] Das Programm ruft die niederfrequente Eingabe (Schritt **771**) und die Referenzkanal-Matrixkoeffizienten (Schritt **772**) wieder ab, um einen Referenzkanal zu erzeugen, und zwar durch Multiplizieren der beiden (Schritt **770**), und speichert dann das Ergebnis (Schritt **780**). Die Schritte **770** und **780** werden wiederholt, um alle anderen Referenzkanäle zu erzeugen (Schritt **790**).

[0071] Das Programm ruft die niederfrequenten Referenzkanäle (Schritt **801**), den Hauptkanal (Schritt **802**), der unterabtastet ist (Schritt **803**), und eine niederfrequente Ausgabe (Schritt **604**) wieder ab, um niederfrequente Unterdrückungssignale (Schritt **600**) unter Verwendung einer adaptiven strahlenbündelnden Verarbeitungsroutine zu erzeugen. Das Programm aktualisiert die adaptiven Filtergewichte (Schritt **810**) und interpoliert das niederfrequente Unterdrückungssignal, um das Breitband-Unterdrückungssignal zu erzeugen (Schritt **820**). Die Schritte **810–820** werden für alle anderen Referenzkanäle wiederholt (Schritt **830**).

[0072] Das Programm subtrahiert die Breitband-Unterdrückungssignale von dem Breitband-Hauptkanal, um die Breitbandeingabe mit im Wesentlichen verringerten Interferenzen (Schritt **840**) zu erzeugen.

[0073] Das Programm filtert die Breitbandausgabe durch den Tiefpassfilter und interpoliert sie (Schritt **850**), so dass die niederfrequente Ausgabe zurückgeführt werden kann, um die adaptiven Filtergewichte zu aktualisieren.

[0074] Während die Erfindung anhand mehrerer bevorzugter Ausführungsformen beschrieben wurde, ist es nicht beabsichtigt, dass sie auf diese Ausführungsformen beschränkt ist. Es wird von den Fachleuten verstanden werden, dass viele Modifikationen an der Struktur und der Form der beschriebenen Ausführungsformen vorgenommen werden können, ohne von dem Rahmen der Erfindung, der in den folgenden Ansprüchen nur definiert und abgegrenzt ist, abzuweichen. Als nur ein Beispiel kann einer der Referenzkanäle durch Messen der Vibration einer Interferenzquelle unter Verwendung eines Beschleunigungsmessers anstelle der Venniendung eines Mikrophons erhalten werden. Die offenbarte Erfindung kann auch zum Verarbeiten von Radarsignalen von einer phasengesteuerten Antennenanordnung oder von irgendwelchen anderen Phänomenen, die Schwingwellen erzeugen, die durch irgendwelche

Mittel zu erfassen sind, verwendet werden.

## Patentansprüche

1. Interferenzunterdrückungssystem mit Doppelverarbeitung zum Verarbeiten einer Eingabe, enthaltend ein Zielsignal, das von einer Zielquelle ausgeht, und Interferenzen, die von Interferenzquellen ausgehen, zum Erzeugen einer Ausgabe, die das Zielsignal mit im Wesentlichen reduzierten Interferenzen darstellt, aufweisend:

einen Hauptkanal-Generator, der Signale von einer solchen Eingabe empfangen kann, und zum Erzeugen eines Hauptkanals aus diesen, der Signale darstellt, die von der Zielquelle erhalten werden, und eine Zielsignalkomponente und eine Interferenzkomponente aufweisen;

einen ersten Verzweigen, der an den Hauptkanal-Generator angeschlossen ist, zum Verzweigen des Hauptkanals in untere und obere Unterbereiche, wobei die unteren und oberen Unterbereiche zusammen den gesamten Hauptkanal darstellen;

einen Referenzkanal-Generator, der Signale von einer solchen Eingabe empfangen kann, zum Erzeugen eines oder mehrerer Referenzkanäle aus dieser, die von den Interferenzquellen empfangene Signale darstellen;

einen zweiten Verzweigen, der an den Referenzkanal-Generator angeschlossen ist, zum Verzweigen des einen oder der mehreren Referenzkanäle in untere und obere Unterbereiche, wobei die unteren und oberen Unterbereiche für jeden Referenzkanal zusammen den gesamten Referenzkanal bilden;

ein adaptives Filter mit Filtergewichten, so angeschlossen, dass es die unteren Unterbereiche des einen oder der mehreren Referenzkanäle zum Erzeugen eines oder mehrerer Unterdrückungssignale, die eine Interferenzkomponente des unteren Unterbereichs des Hauptkanals annähern, empfängt;

einen Subtrahieren, der mit dem ersten Verzweigen und dem adaptiven Filter verbunden ist, zum Erzeugen einer Ausgabe durch Subtrahieren des einen oder der mehreren Unterdrückungssignale von dem unteren Unterbereich des Hauptkanals;

wobei das adaptive Filter auch so angeschlossen ist, dass es die Ausgabe des Subtrahierers empfängt und das System eine Filtergewicht-Aktualisierungseinrichtung zum Bestimmen aktualisierter Filtergewichtswerte für das adaptive Filter beinhaltet, so dass die Unterschiede zwischen dem unteren Unterbereich des Hauptkanals und den Unterdrückungssignalen im Wesentlichen minimiert werden; und ein Rekonstruieren, angeschlossen an den Subtrahieren und den ersten Verzweigen, zum Rekonstruieren einer Breitbandausgabe durch Kombinieren des oberen Unterbereichs des Hauptkanals und der Ausgabe von dem Subtrahieren.

2. System nach Anspruch 1, ferner mit einem ersten Satz von einem oder mehreren Sensoren zum



Empfangen von Signalen von einer Zielquelle und einen zweiten Satz von einem oder mehreren Sensoren zum Empfangen von Interferenzen.

3. System nach Anspruch 2, wobei die Sensoren in dem ersten Satz und in dem zweiten Satz Mikrophone sind.

4. System nach Anspruch 2, wobei einer oder mehrere Sensoren des zweiten Satzes Beschleunigungsmesser zum Tasten von Schwingungen einer umgebenden Struktur sind.

5. System nach Anspruch 1, ferner mit einem oder mehreren Sensoren zum Empfangen von Signalen von einer Zielquelle und auch zum Empfangen von Signalen von Interferenzquellen.

6. System nach Anspruch 1, wobei der Hauptkanal-Generator eine Hauptkanal-Matrix ist, die einen Hauptkanal von einer Anordnung von Sensoren erzeugt, wobei der Hauptkanal Signale darstellt, die in der Richtung des Ziels empfangen werden.

7. System nach Anspruch 1, wobei der Referenzkanal-Generator eine Referenzkanal-Matrix ist, die Referenzkanäle von einer Anordnung von Sensoren erzeugt, wobei die Referenzkanäle Signale darstellen, die in anderen Richtungen als der Richtung des Ziels empfangen werden.

8. System nach Anspruch 1, wobei das adaptive Filter ein nichtrekursives Filter mit endlicher Impulsantwort zum Erzeugen der einen oder mehreren Unterdrückungssignale aufweist.

9. System nach Anspruch 1, wobei das adaptive Filter ein rekursives Filter mit unendlicher Impulsantwort zum Erzeugen der einen oder mehreren Unterdrückungssignale aufweist.

10. System nach Anspruch 1, wobei die Filtergewicht-Aktualisierungseinrichtung den Least-Mean-Square Algorithmus verwendet, wo die mittleren quadratischen Werte der Differenzen zwischen dem unteren Unterbereich des Hauptkanals und dem einen oder den mehreren Unterdrückungssignalen im Wesentlichen minimiert werden.

11. System nach Anspruch 1, wobei der Hauptkanal-Generator ein externer Hauptkanal-Generator ist.

12. System nach Anspruch 1, wobei das adaptive Filter ferner aufweist:  
eine gewichtsbeschränkende Einrichtung zum Verkleinern der neuen Filtergewichtswerte auf vorbestimmte Schwellenwerte, wenn jedes der neuen Filtergewichtswerte den entsprechenden Schwellenwert übersteigt.

13. System nach Anspruch 1, wobei der adaptive Filter ferner aufweist:

die gewichtsbeschränkende Einrichtung zum Umwandeln der aktualisierten Filtergewichtswerte auf Frequenzdarstellungswerte, Verkleinern der Frequenzdarstellungswerte auf vorbestimmte Schwellenwerte und ihr Zurückwandeln in adaptive Filtergewichte.

14. Verfahren zum Verarbeiten einer Eingabe, enthaltend ein Zielsignal, das von einer Zielquelle ausgeht, und Interferenzen, die von Interferenzquellen ausgehen, und zum Erzeugen einer Ausgabe, die das Zielsignal mit im Wesentlichen reduzierten Interferenzen darstellt, mit folgenden Schritten:

Erzeugen eines Breitband-Hauptkanals aus einer solchen Eingabe, wobei der Breitband-Hauptkanal Signale darstellt, die von der Zielquelle empfangen werden, und eine Zielsignalkomponente und eine Interferenzkomponente aufweisen;

Verzweigen des Breitband-Hauptkanals in untere und höhere Unterbereichshauptkanäle;

Erzeugen einer oder mehrerer Breitband-Referenzkanäle, die von Interferenzquellen empfangene Signale darstellen;

Verzweigen des einen oder der mehreren Breitband-Referenzkanäle in einen oder mehrere untere und obere Unterbereichsreferenzkanäle;

Erzeugen eines oder mehrerer unterer Unterbereichsunterdrückungssignale, die die Interferenzkomponente in dem Hauptkanal annähern, durch Filtern des einen oder der mehreren unteren Unterbereichsreferenzkanäle unter Verwendung eines adaptiven Filters;

Erzeugen einer unteren Unterbereichsausgabe durch Subtrahieren des einen oder der mehreren unteren Unterbereichsunterdrückungssignale von dem unteren Unterbereichshauptkanal;

Rekonstruieren einer Breitbandausgabe durch Kombinieren der unteren Unterbereichsausgabe und des oberen Unterbereichshauptkanals; und

adaptives Einstellen von Filtergewichten des adaptiven Filters, so dass die Unterschiede zwischen dem unteren Unterbereichshauptkanal und dem einen oder mehreren unteren Unterbereichsunterdrückungssignalen im Wesentlichen minimiert werden.

15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei der Schritt des Erzeugens des einen oder der mehreren unteren Unterbereichsunterdrückungssignale ein nichtrekursives Filter mit endlicher Impulsantwort verwendet.

16. Verfahren nach Anspruch 14, wobei der Schritt des Erzeugens des einen oder der mehreren unteren Unterbereichsunterdrückungssignale ein rekursives Filter mit unendlicher Impulsantwort verwendet.

17. Verfahren nach Anspruch 14, wobei der Schritt des adaptiven Aktualisierens von Filtergewichten den Least-Mean-Square Algorithmus ver-

wendet.

18. Verfahren nach Anspruch 14, ferner mit den folgenden Schritten:

Erzeugen von Eingangssignalen von einer Sensornordnung von im Raum verteilten Sensoren, jeweils zum Empfangen des Zielsignals und der Interferenzen;

Abtasten des Eingangssignals und Umwandeln in digitale Form vor dem Schritt des Erzeugens eines Breitband-Hauptkanals und dem Schritt des Erzeugens eines oder mehrerer Breitband-Referenzkanäle; und

Umwandeln der Breitbandausgabe in analoge Form nach dem Kombinierungsschritt.

19. Verfahren nach Anspruch 14, wobei die Sensoren Mikrophone sind.

20. Verfahren nach Anspruch 14, wobei der Schritt des Erhaltens eines Breitband-Hauptkanals einen externen Hauptkanal-Generator verwendet.

Es folgen 14 Blatt Zeichnungen

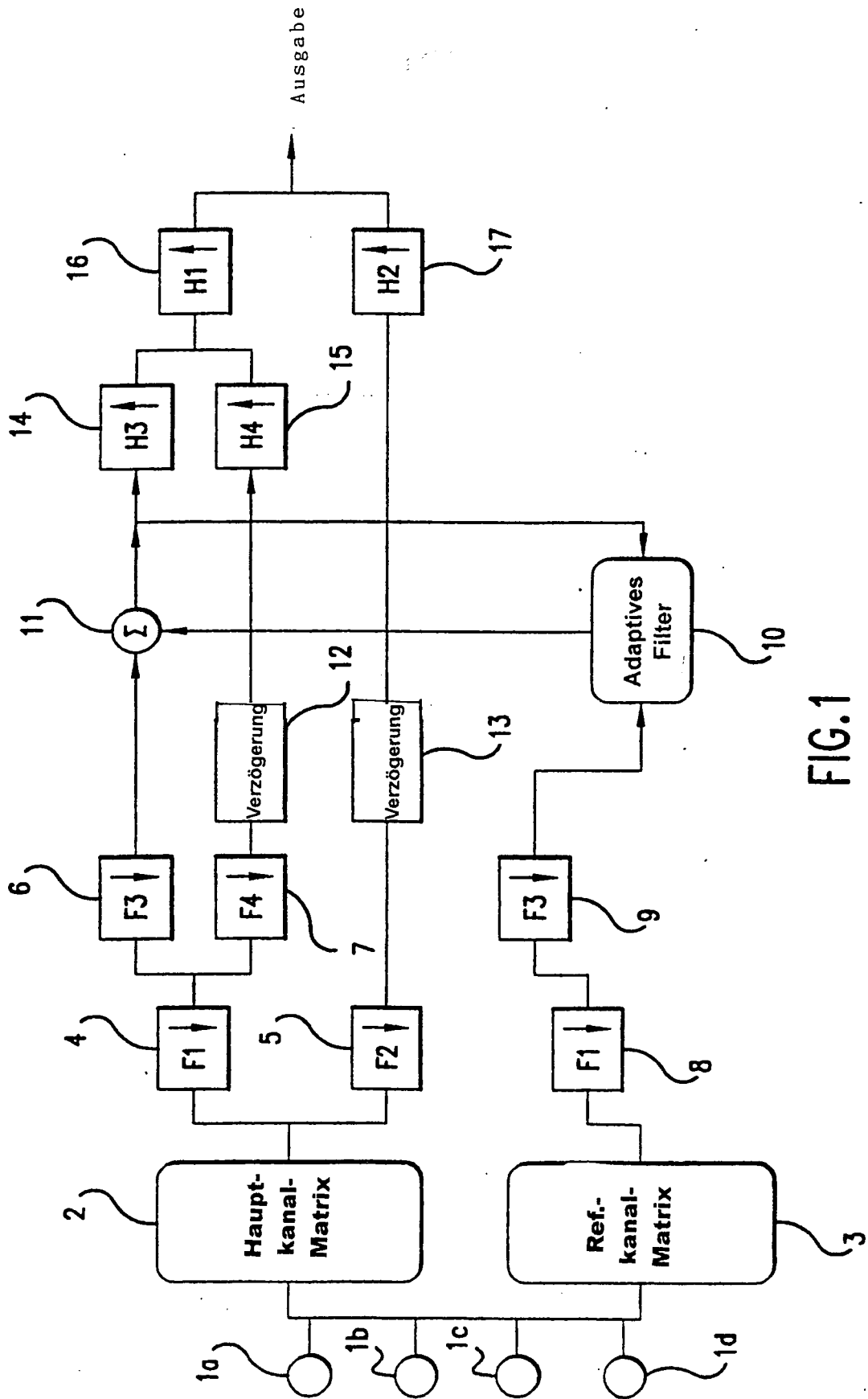


FIG.1

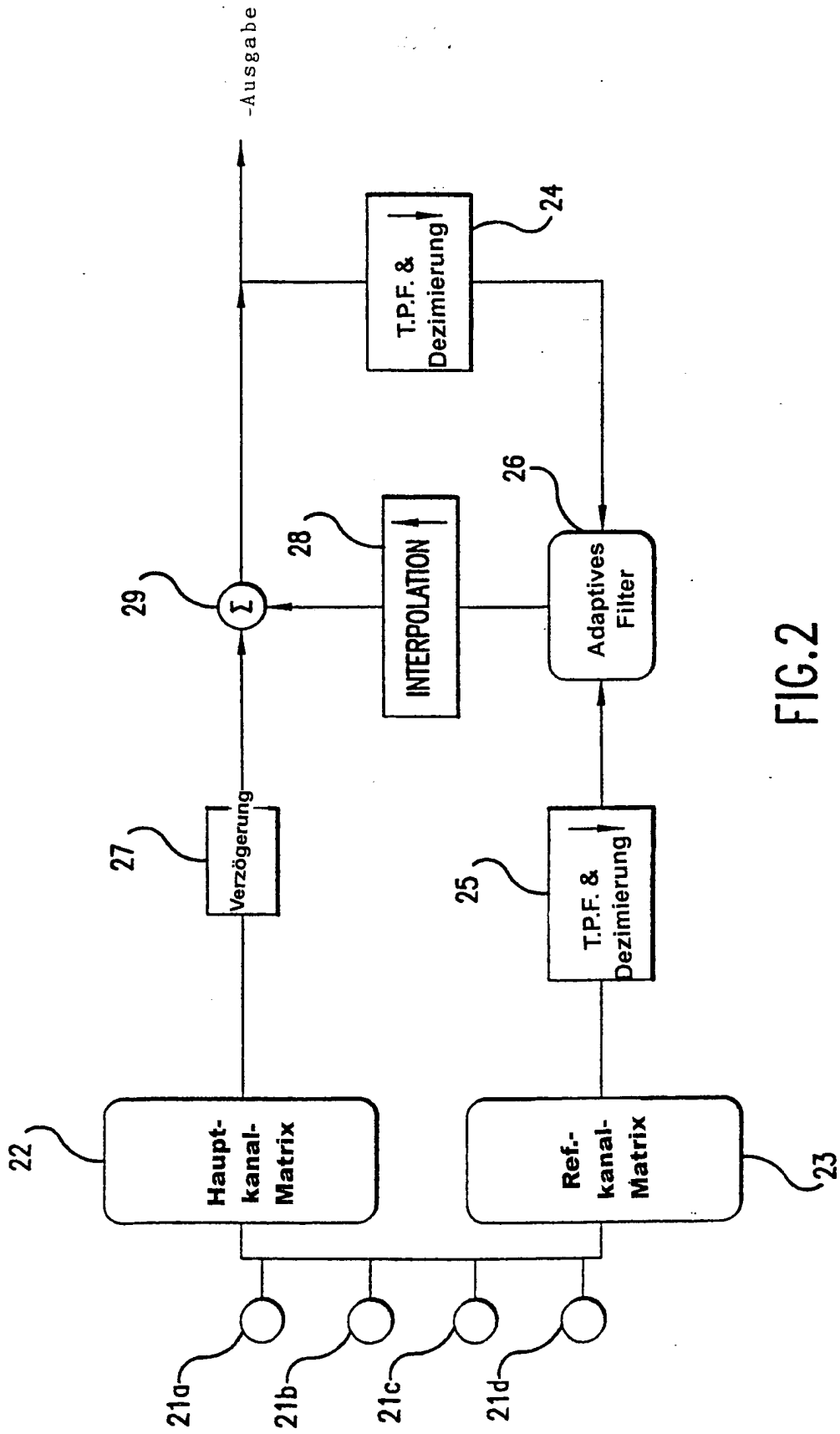


FIG. 2

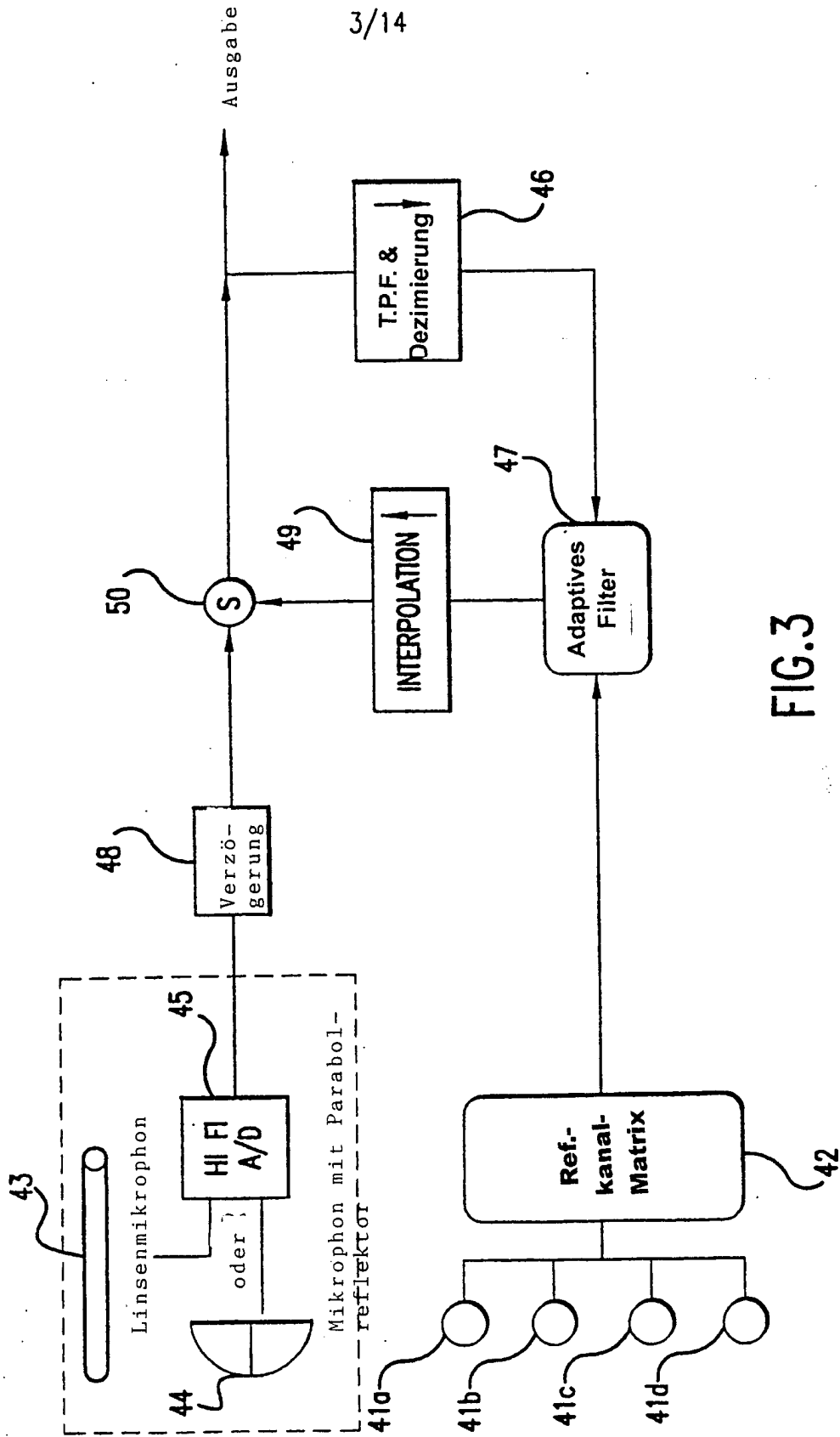


FIG.3

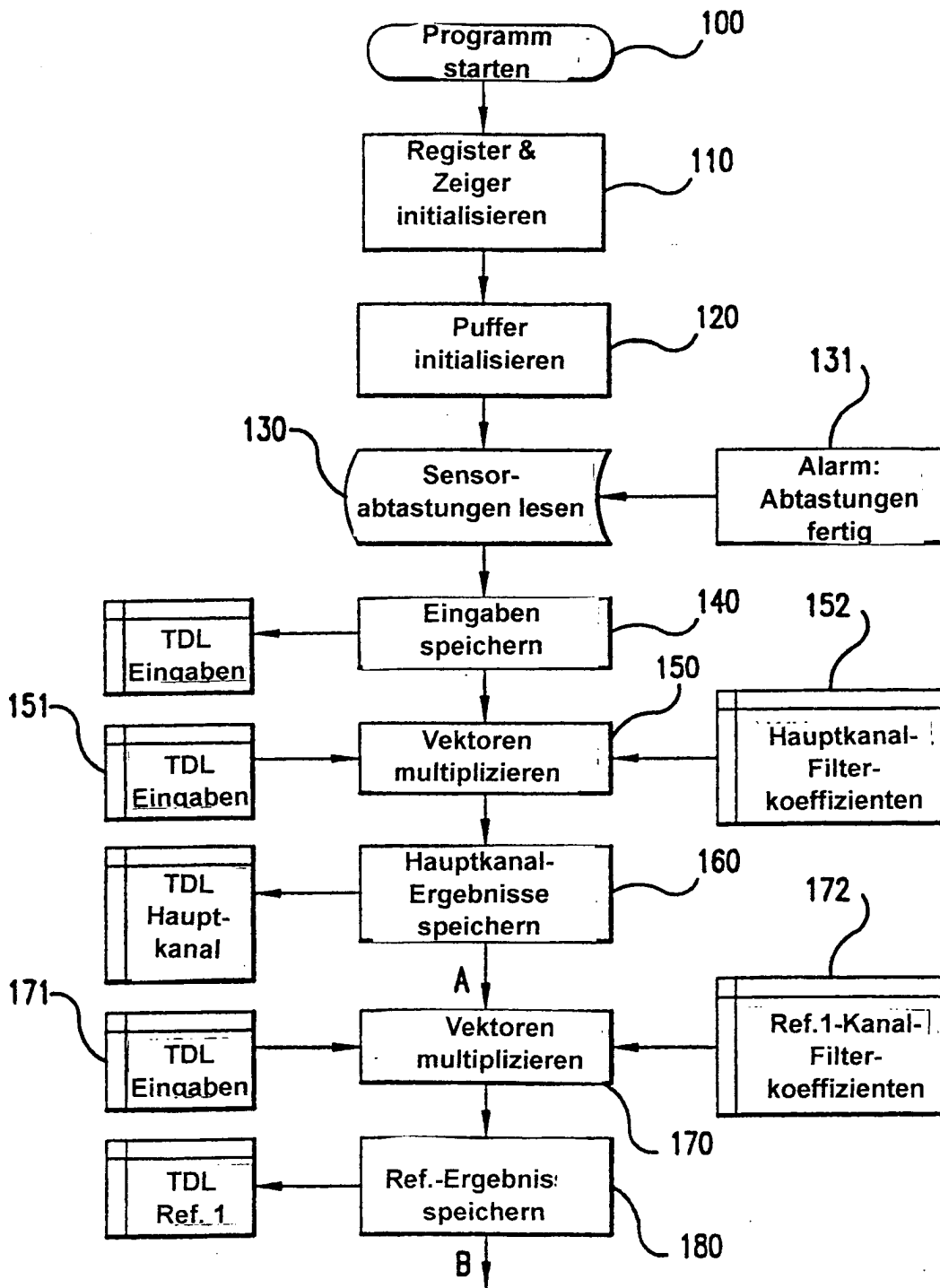


FIG.4A

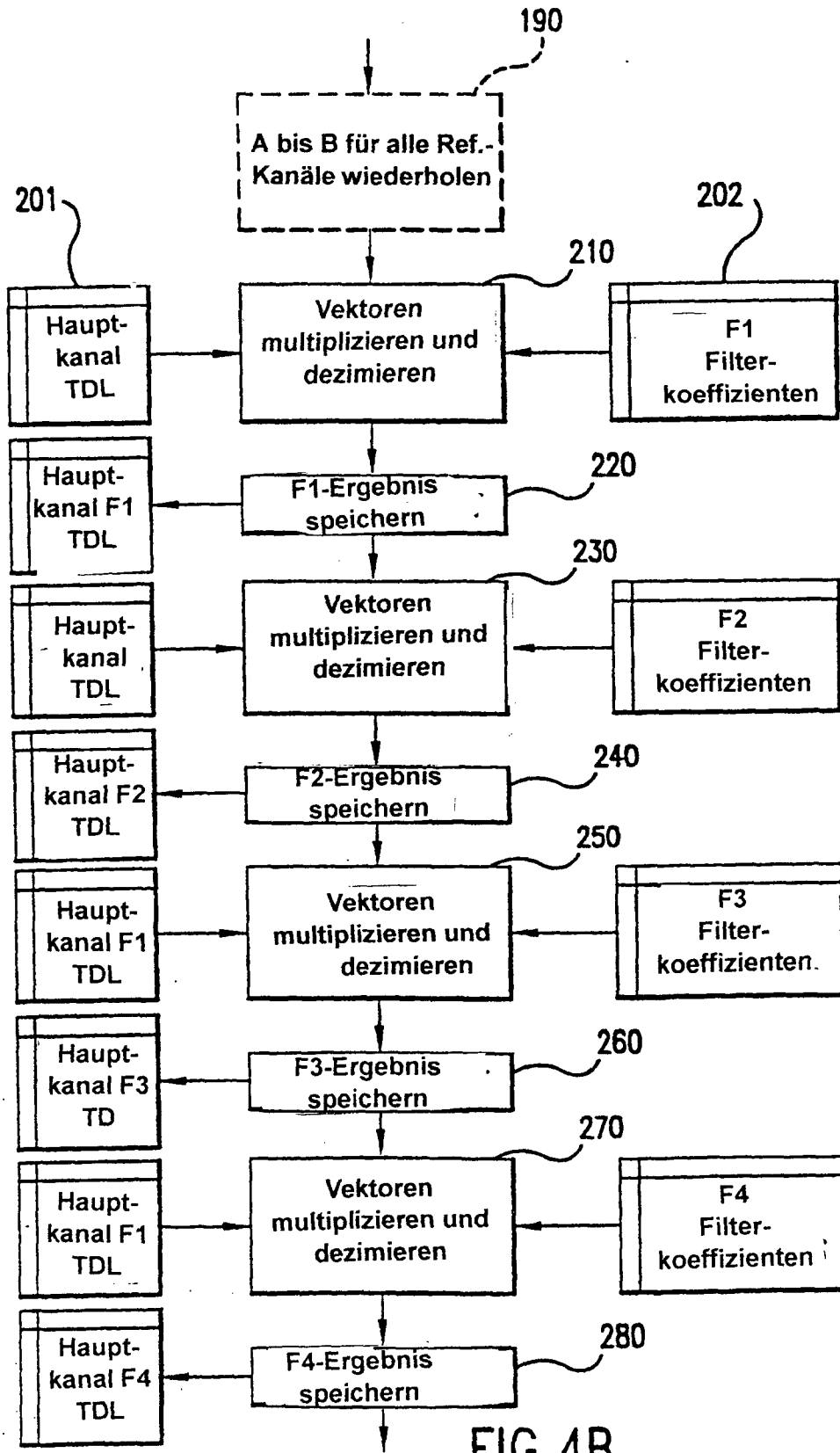


FIG. 4B

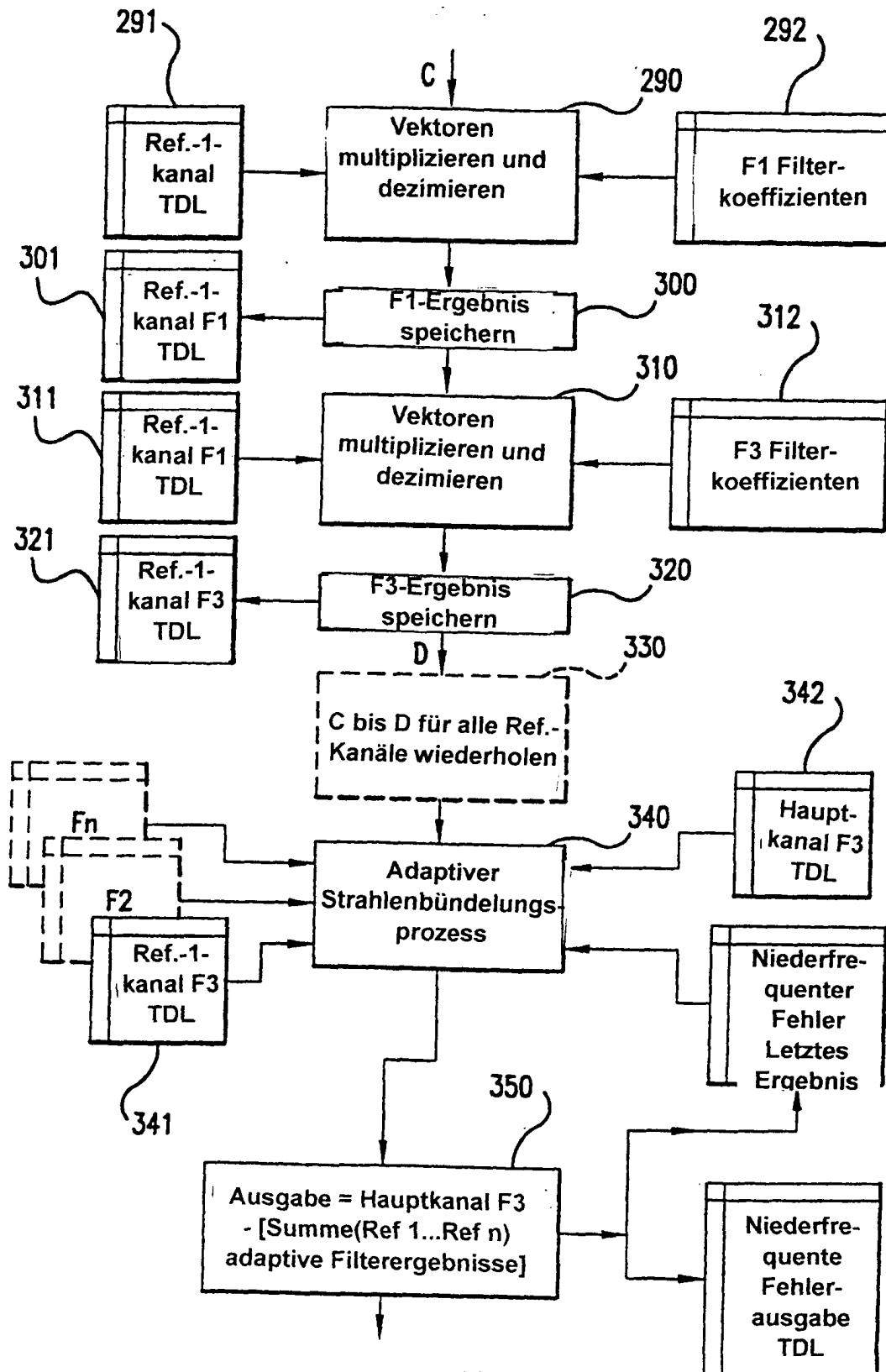


FIG.4C



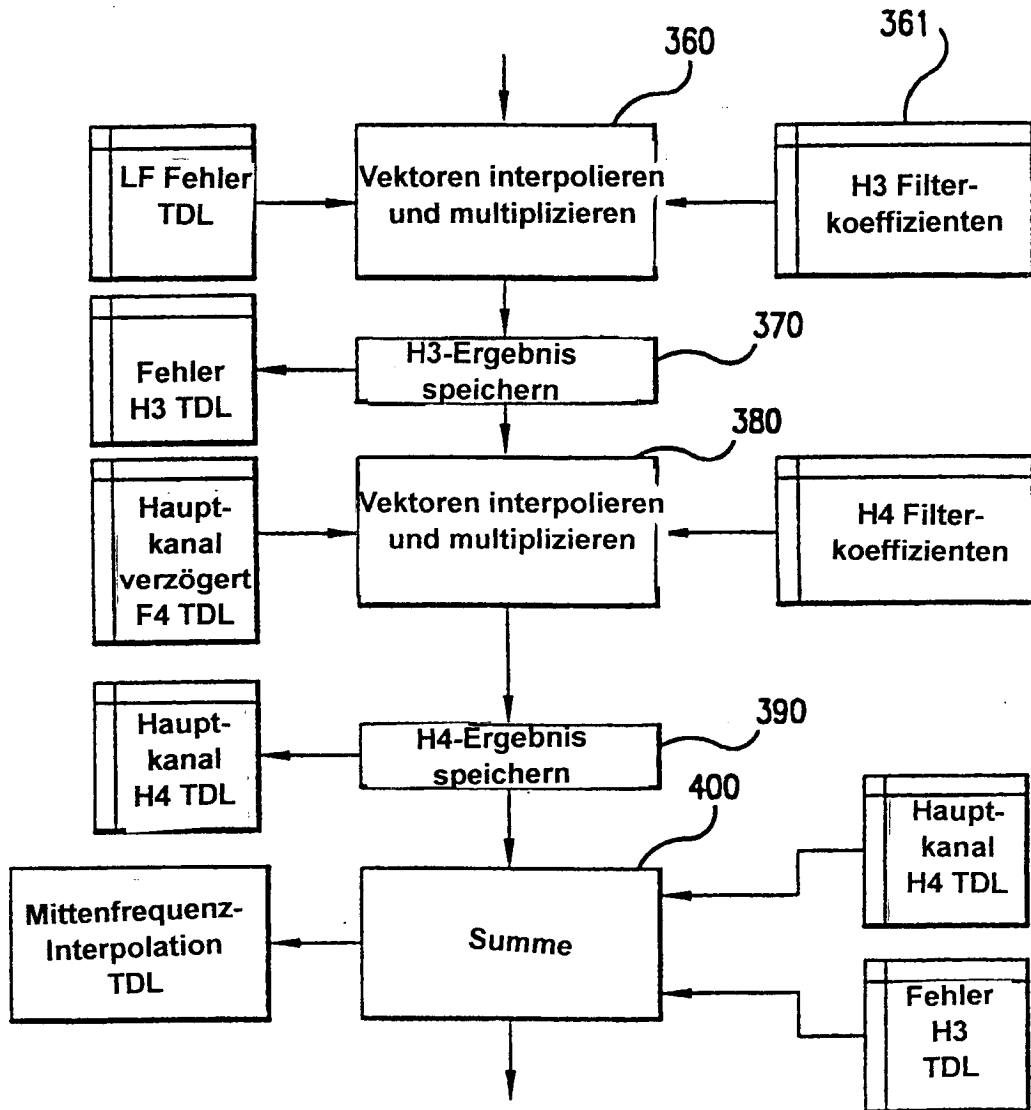


FIG.4D

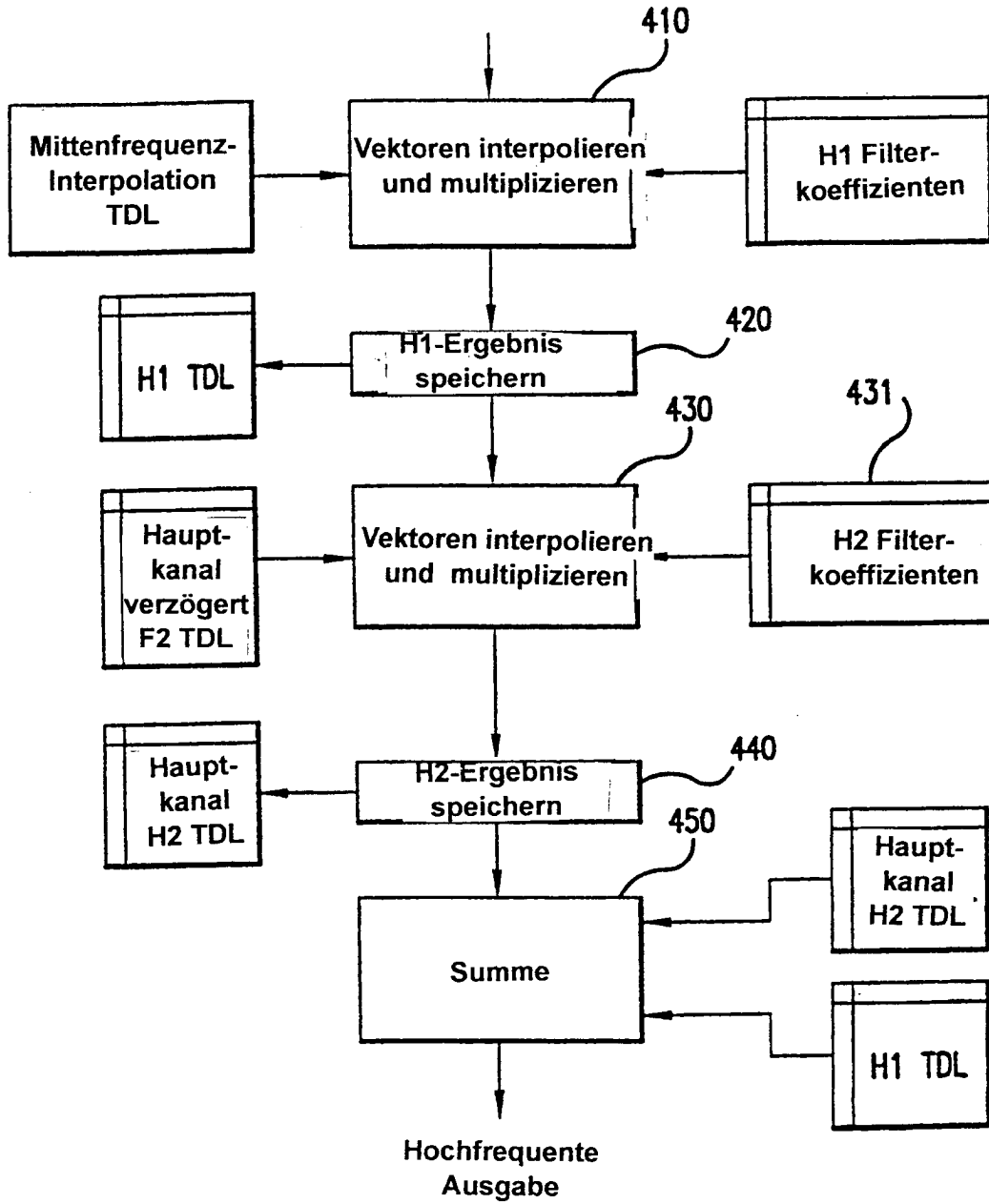


FIG.4E



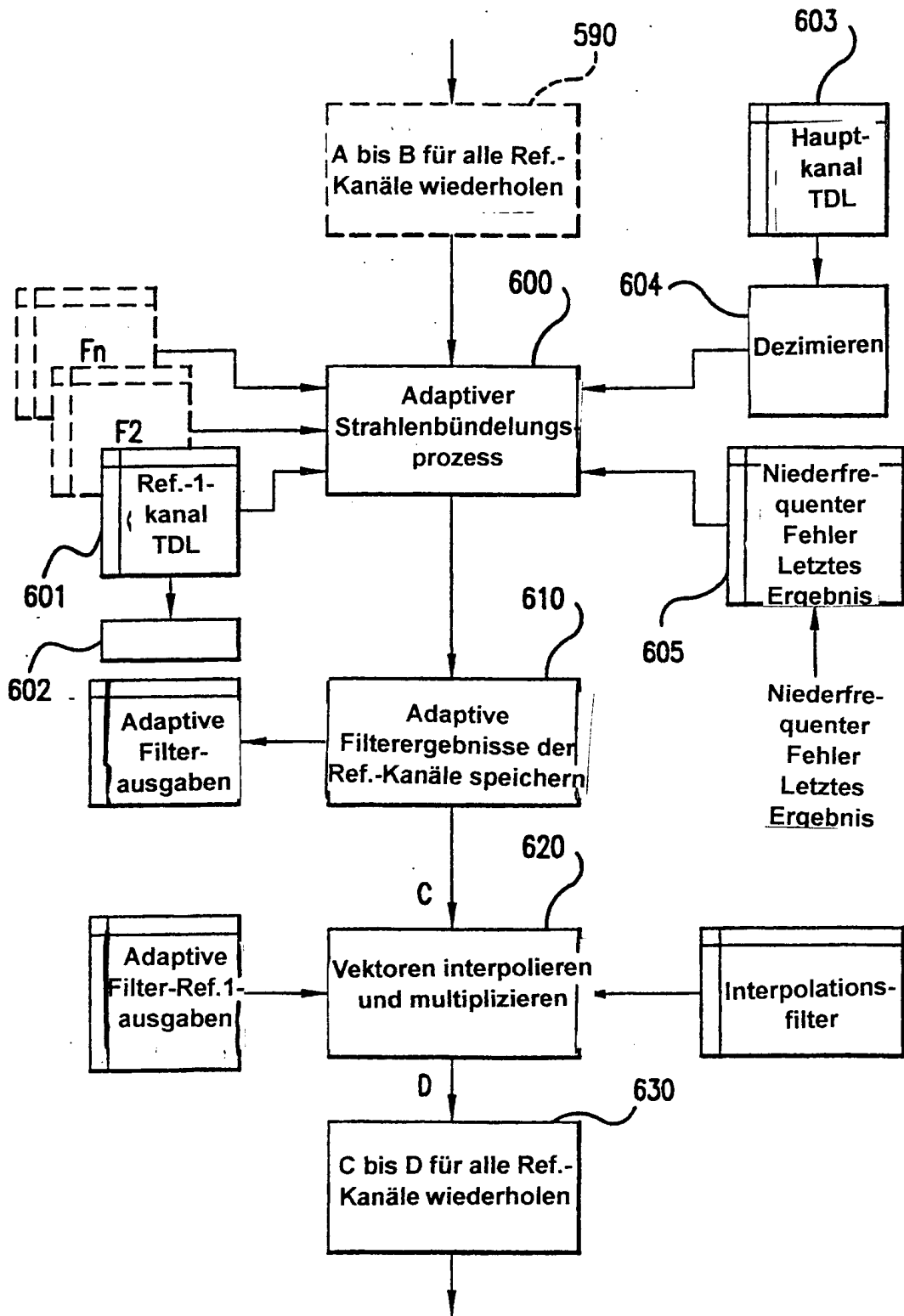


FIG.5B

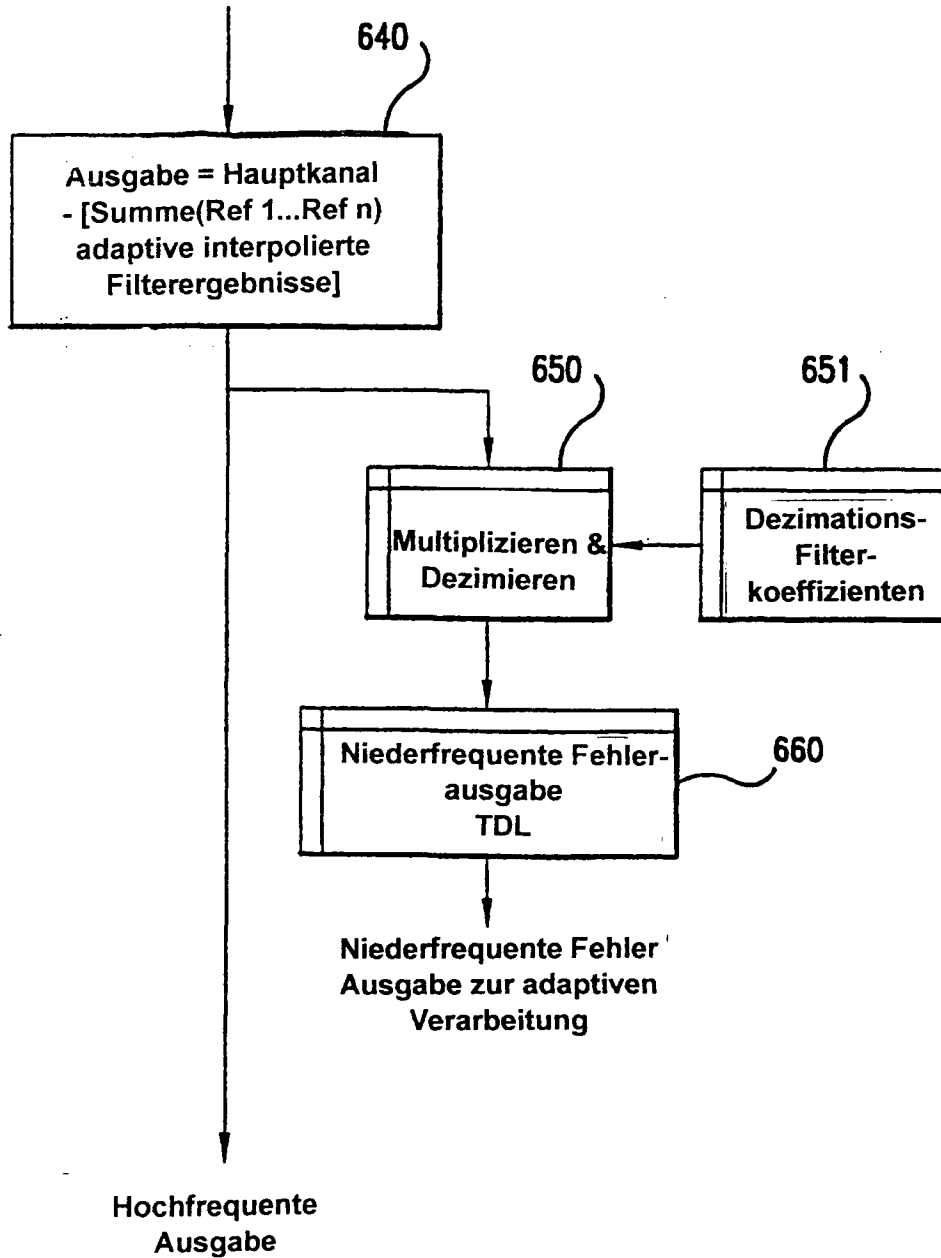


FIG.5C

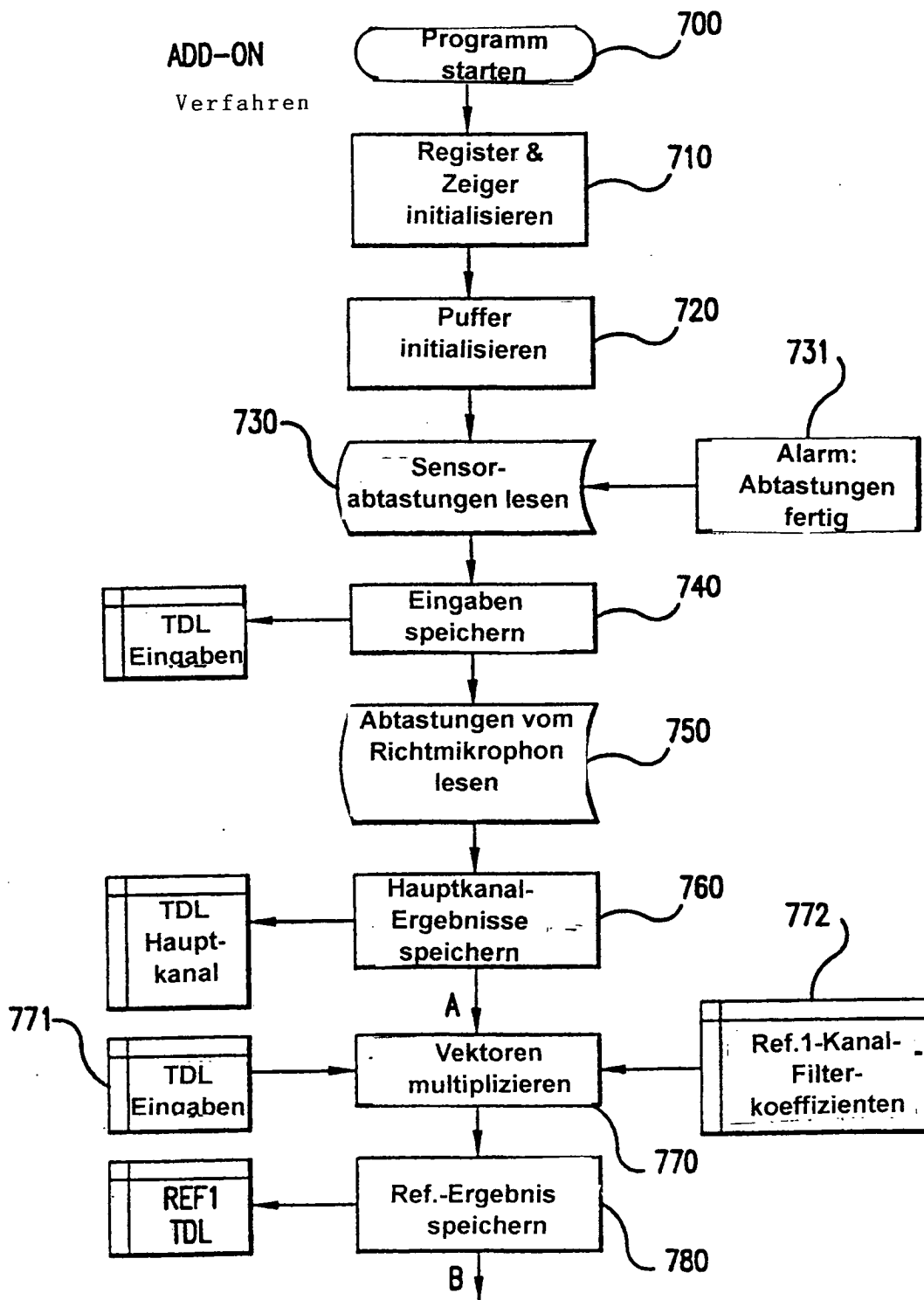


FIG.6A

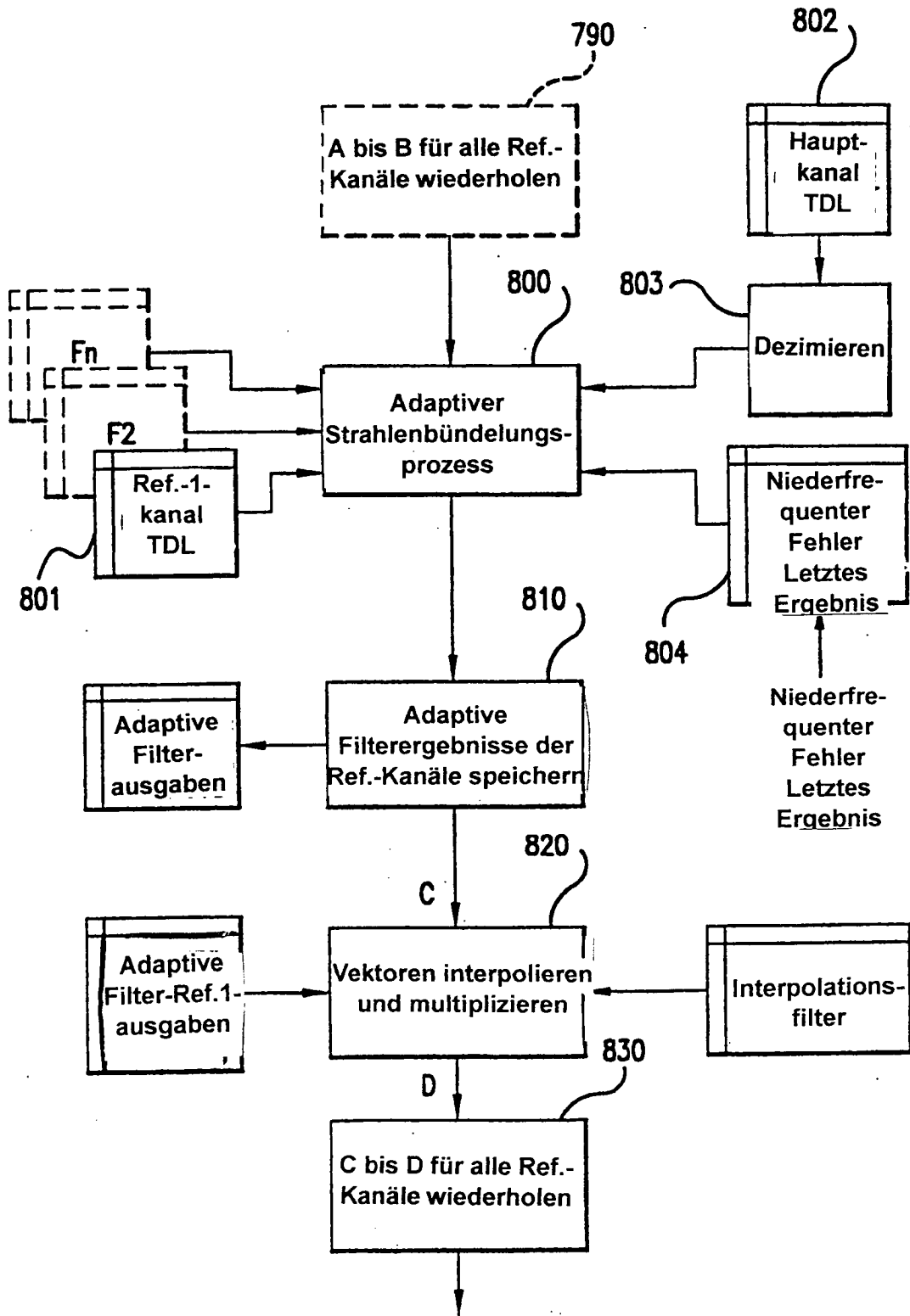


FIG.6B

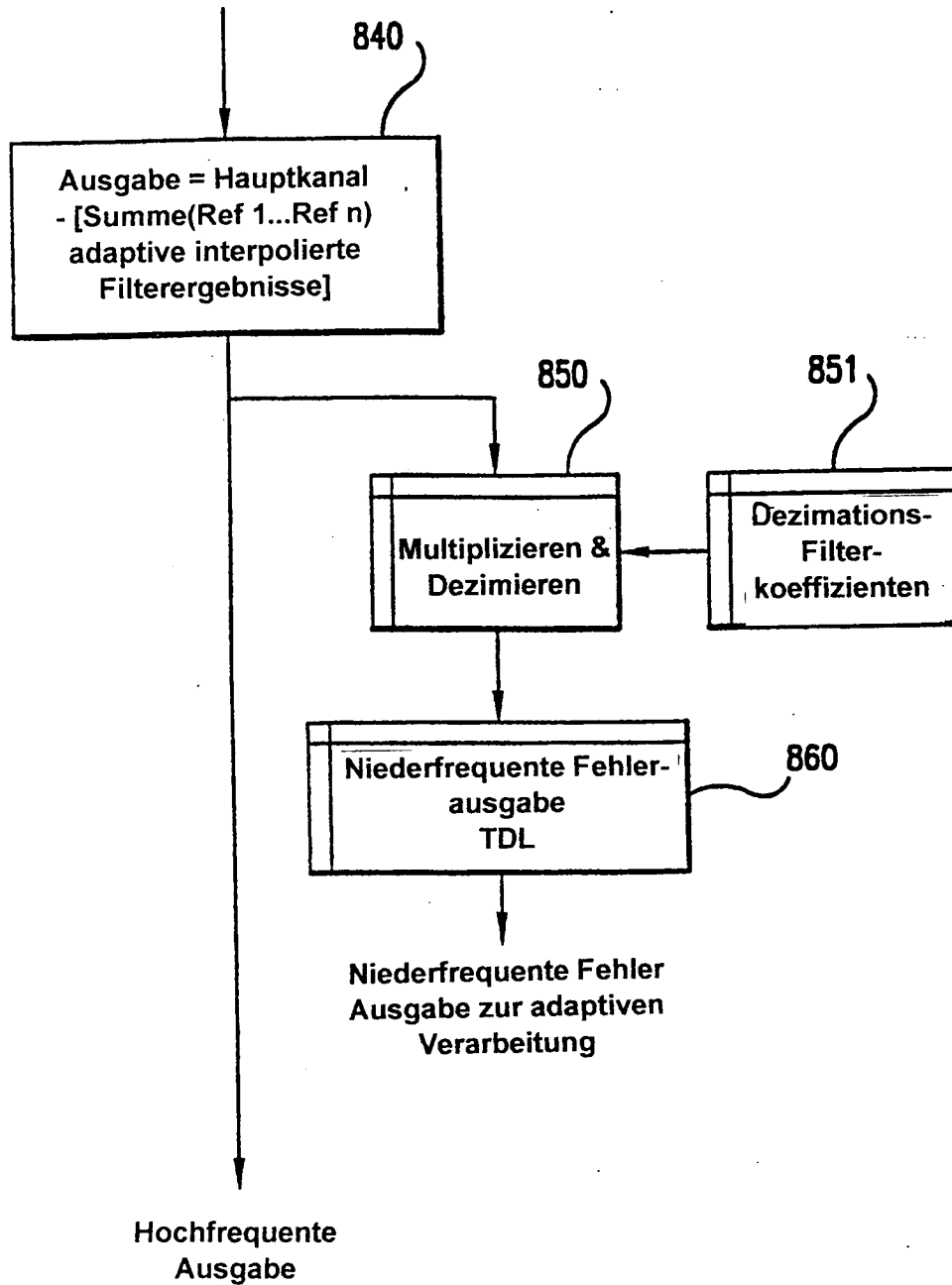


FIG.6C