(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 696 37 454 T2** 2009.03.12

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 830 802 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **696 37 454.4**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US96/08248**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **96 917 897.9**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1996/041498**
(86) PCT-Anmeldetag: **31.05.1996**
(87) Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung: **19.12.1996**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **25.03.1998**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **05.03.2008**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **12.03.2009**

(51) Int Cl.[8]: ***H04R 25/00*** (2006.01)

(30) Unionspriorität:
479629 **07.06.1995** **US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, IE, IT, LI, NL, PT, SE

(73) Patentinhaber:
Anderson, James C., Westwood, Mass., US

(74) Vertreter:
Betten & Resch, 80333 München

(72) Erfinder:
Anderson, James C., Westwood, MA 02090, US

(54) Bezeichnung: **HÖRHILFE MIT DRAHTLOSEM FERNPROZESSOR**

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

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung ist auf Hörhilfen und insbesondere eine Hörhilfe mit einem Ohrstückgehäuse gerichtet, das im oder am Ohr getragen wird, und mit einer entfernten Prozessoreinheit (RPU), die vom Benutzer getragen wird oder ihm nahe ist und Signale drahtlos vom Ohrstück empfängt und dahin sendet. Die vorliegende Erfindung ist auch auf die Verwendung von Hörhilfesystemen als drahtlose Kommunikationsvorrichtungen für Freisprech-Zellulartelefone und Mobilfunk-Kommunikations-"Handapparate", Umwandelbetrieb und Steuerung von Hörhilfen, Hörschutz und Rauschaufhebung simultan mit beidohrigen Hörhilfefunktionen, Hörtestgeräte, Lokalisierung von verlegten Hörhilfe-Systemkomponenten und drahtlose Cochlea-Implantate gerichtet.

Technischer Hintergrund

[0002] Im Stand der Technik ist eine Basis-Hörhilfe ohne Fernsteuerung ein selbständiges Ohrstück, das ein Mikrofon, einen Lautsprecher und zugehörige Prozessorelektronik umfasst. Bei solchen Hörhilfen wandelt das Ohrstückmikrofon Schallwellen in elektronische Abbildungen der Schallwellen um, die elektrischen Signale werden von der Ohrstückprozessorelektronik verstärkt und vom Ohrstücklautsprecher in Schallwellen zurückverwandelt. Im Stand der Technik wird manchmal eine Fernsteuerung verwendet (siehe z. B. US-Patent 4,918,736), die Ohrstückverstärkungsfunktionen (z. B. Lautstärke) über eine drahtlose Einwegverbindung von der Fernsteuerung zum Ohrstück steuert, doch ist der Weg, den die elektrischen Signale nehmen, die die Schallwellen repräsentieren (in der Technik als der "Tonweg" bekannt), derselbe, gleich ob eine Fernsteuerung verwendet wird oder nicht; d. h., der Tonweg verläuft vom Mikrofon über die Ohrstückelektronik zum Lautsprecher.

[0003] Drahtlose Hörhilfen, die einen Einweg-Funkfrequenz(HF)-Übertragungsweg verwenden und einen Drahtlosmikrofonsender (normalerweise nicht im Ohr getragen) und einen drahtlosen Empfänger (normalerweise im Ohr getragen) umfassen, sind im Stand der Technik bekannt. Solche Vorrichtungen verwenden gewöhnlich die "Gehörassistenzvorrichtungs"-HF-Bänder nahe 73 MHz (siehe den U.S.-Code of Federal Regulations, 47 CFR Ch. 1, Para. 15.237) und haben sich als Unterrichtshilfen für hörbehinderte Studenten in einer Unterrichtsraumumgebung als wirksam erwiesen. Somit werden im Stand der Technik HF-Sendungen von einem drahtlosen Handapparat-Mikrofon (keinem in einem Ohrstück befindlichen Mikrofon) an einen drahtlosen Empfänger in oder nahe an einem Ohrstück gesendet, was ein Einweg-Funksender und -empfängersystem für den Tonweg bereitstellt.

[0004] Die vorliegende Erfindung verwendet einen Tonweg, der von dem Tonweg verschieden ist, den Vorrichtungen im Stand der Technik verwenden. Die vorliegende Erfindung verwendet eine primäre Zweiweg-Drahtlosverbindung (keine Einwegverbindung wie im Stand der Technik) zwischen einem im oder nahe am Ohr des Benutzers getragenen Ohrstück und eine RPU, die vom Benutzer getragen wird oder sich in dessen Nähe befindet. Bei der vorliegenden Erfindung werden Tonsignale aus der Umgebung von einem Mikrofon im Ohrstück aufgenommen (keinem Handapparat-Mikrofon, wie von drahtlosen Hörhilfen im Stand der Technik verwendet) und über die primäre Zweiweg-Drahtlosverbindung an die RPU gesendet (statt an Prozessorelektronik zu gehen, die im Ohrstück enthalten ist, wie bei im Stand der Technik bekannten Basis-Hörhilfen), wobei die Tonsignale vor Sendung über die primäre drahtlose Verbindung an das Ohrstück entsprechend den Bedürfnissen des Benutzers verbessert werden. Die Signalverarbeitung wird in der RPU und nicht im Ohrstück durchgeführt, um die gelockerten Größen- und Strombeschränkungen auszunutzen. Diese neue Methode beseitigt die Notwendigkeit von meist physisch großer und stromverbrauchender Elektronik im Ohrstück, beseitigt die Notwendigkeit von konventionellen Fernsteuerungen und stellt mannigfache optionale Merkmale bereit (z. B. Telefonkommunikationsfähigkeit über eine sekundäre Zweiweg-Drahtlosverbindung), die im Stand der Technik nicht zur Verfügung stehen. Man beachte, dass die vorliegende Erfindung auch alle Fähigkeiten (z. B. Reduzierung von akustischer Rückkoppelung und adaptive Lautstärkeregelung) von Vorrichtungen nach dem Stand der Technik beibehält.

[0005] In der Technik bekannte Schnurlos- und Zellulartelefon-Handapparate (und auch Drahtloskommunikations-Kopfsprechhörer) enthalten zwar ein Mikrofon, einen Funk-Sendeempfänger (Sender und Empfänger) und einen Lautsprecher, solche Vorrichtungen werden aber nicht für Empfang, Verbesserung und nachfolgende Wiedergabe von Tonsignalen aus der äußeren Umgebung verwendet, wie für eine Hörhilfeanwendung erforderlich. Solche Vorrichtungen wirken nicht als Hörhilfen, da sie den Benutzer keinen verbesserten Schall aus der unmittelbaren Umgebung des Benutzers bereitstellen, sondern nur Schall von einem anderen Benutzer bereitstellen.

Offenbarung der Erfindung

[0006] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine neue und nützliche Gehörhilfe für hörbehinderte Personen (d. h. solche mit gewissem Restgehör) bereitzustellen, indem Tonsignal-Verbesserungsfunktionen von dem Ohrstück weggenommen und sie in einer RPU angesiedelt werden. Die Ver-

wendung einer RPU bietet mehrere Vorteile gegenüber Systemen, die alle Systemfähigkeiten innerhalb des Ohrstücks anzusiedeln versuchen. Die RPU-Methode erlaubt eine einfache Ohrstückgestaltung mit einem Miniatur-Kleinleistungs-Drahtlossendeempfänger, Mikrofon und Lautsprecher. Man beachte, dass der Lautsprecher auch in der Hörhilfetechnik als ein "Empfänger" bekannt ist, doch wird hier der Ausdruck "Lautsprecher" verwendet, um Verwirrung zu vermeiden (ähnlich wird der Ausdruck "Sprecher", nicht "Lautsprecher", verwendet, um einen Menschen zu beschreiben, der Laute erzeugt). Das resultierende Ohrstück ist äußerst klein, kann vor Sicht im Gehörgang verborgen werden, falls gewünscht, und erlaubt vollständige Bewegungsfreiheit, wenn eine primäre Zweiweg-Drahtlosverbindung mit der RPU verwendet wird. Die Verarbeitung für alle Haupt-Systemfähigkeiten, wie z. B. Verstärkung und andere Formen von Signalverbesserung, findet in der RPU statt, wo die Größen- und Strombeschränkungen gelockert sind, was zu einer wirtschaftlichen Gestaltung führt.

[0007] Eine andere Aufgabe der Erfindung ist es, dem Benutzer ergänzende Toninformationen (z. B. eine verbale Warnung von der RPU, dass eine Ohrstückbatterie schwach ist) und Kommunikationsdienste (z. B. Zellulartelefon- und Personenrufdienste) über das Hörhilfesystem zur Verfügung zu stellen. Auf solche Dienste wird in einer Weise zugegriffen, dass sie für einen zufälligen Beobachter nicht wahrnehmbar gemacht werden können, falls gewünscht. Die RPU (welche einen digitalen Signalprozessor oder anderen Computer enthält) wirkt als eine Informationsquelle, um z. B. unter Verwendung einer synthetisierten Sprachmitteilung die Tageszeit bereitzustellen, und die RPU kann auch verwendet werden, um auf eine sekundäre drahtlose Verbindung mit dem allgemeinen Teilnehmer-Telefonnetz oder Sprach-Personenrufsystemen zuzugreifen. Benutzersteuerung von Hörhilfeparametern und Anforderung von Informationen werden unter Verwendung von Druckknöpfen, die sich an der RPU befinden (einschließlich Druckknöpfen, die für Dateneingabe in einer Umwandelweise geeignet sind) oder Spracherkennung durchgeführt. Viele Sensoren und peripheren Vorrichtungen können sich in der RPU befinden oder durch drahtgestützte oder drahtlose Mittel damit verbunden sein und können mannigfache Informationen für unterschiedliche Anwendungen (z. B. Herzpulszahl) als Ton im Ohrstück des Benutzers bereitstellen.

[0008] Eine weitere Aufgabe dieser Erfindung ist es, einen gewissen Schutz für das Resthörvermögen eines hörbehinderten Benutzers (oder eines nichtbehinderten Benutzers, der Behinderung vermeiden möchte) in einem drahtlosen Hörhilfesystem mit den simultanen Fähigkeiten von Rauschaufhebung und beidohriger Verarbeitung (z. B. Richtwirkung) bereitzustellen. Andere Aufgaben der Erfindung sind es, ein bequemes Mittel zum Testen des Hörvermögens eines Benutzers ohne die Notwendigkeit von zusätzlichen Geräten bereitzustellen, Benutzern bei der Lokalisierung von verlegten Hörhilfe-Systemkomponenten zu helfen und tiefgreifend schwerhörigen Cochlea-Implantat-Patienten ein drahtloses System zur Verfügung zu stellen, das verbesserte Bewegungsfreiheit verglichen mit vorhandenen drahtverbundenen Systemen erlaubt.

[0009] Diese und andere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der Erfindung versteht man am besten mit Hilfe der folgenden detaillierten Beschreibung in Verbindung mit den begleitenden Zeichnungen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0010] Fig. 1 ist eine Blockdiagramm-Systemübersicht, die veranschaulicht, wie ein Ohrstück (mit einem Mikrofon, HF-Sender, Doppelnutzungs-Antenne/Auszieher und Lautsprecher) im Ohr getragen wird, über eine primäre Zweiweg-HF-Verbindung mit einer RPU kommuniziert und außerdem über eine optionale sekundäre drahtlose Verbindung mit einem Telefonsystem kommuniziert.

[0011] Fig. 2 ist ein Blockdiagramm. das eine begrenzt ausgestattete bevorzugte Ausführungsform der Erfindung zeigt, die handelsübliche Serien-Systemelemente verwendet.

[0012] Fig. 3 ist eine grafische Darstellung der relativen spektralen Magnitude, die die Frequenzbereichs-Kenngrößen einer drahtlosen Verbindung zeigt, die in einer voll ausgestatteten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung verwendet wird.

[0013] Fig. 4 ist eine vereinfachte Prinzipskizze des Ohrstück-Transponder(Sender-Responder)-HF-Schaltungsteils, die zur Veranschaulichung des Betriebs einer voll ausgestatteten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung verwendet wird.

[0014] Fig. 5 ist ein Signalform-Timingdiagramm, das Kenngrößen einer typischen Abfrage von einem RPU-Interrogator zeigt, der eine entsprechende typische Antwort von einem Ohrstück-Transponder folgt.

[0015] Fig. 6 ist eine Ansicht aus der Vogelperspektive, die zur Beschreibung der Geometrie gegenseitiger HF-Störung verwendet wird, wenn sich viele Benutzer der Erfindung in enger Nachbarschaft befinden.

[0016] Fig. 7 ist eine Zeichnung, die die Vorderansicht einer typischen RPU für eine voll ausgestattete bevorzugte Ausführungsform der Erfindung zeigt.

[0017] Fig. 8 ist ein Blockdiagramm, das Details ei-

nes Ohrstücks für eine voll ausgestattete bevorzugte Ausführungsform der Erfindung zeigt.

[0018] Fig. 9 ist ein Blockdiagramm, das Details einer RPU für eine voll ausgestattete bevorzugte Ausführungsform der Erfindung zeigt.

[0019] Fig. 10 ist ein Blockdiagramm, das Details eines drahtlosen Cochlea-Implantat-Systems zeigt.

[0020] Fig. 11 ist ein Blockdiagramm, das Details einer drahtlosen Cochlea-Implantat-Elektrodentreibereinheit zeigt.

Beste Art zur Ausführung der Erfindung

[0021] Eine bevorzugte Ausführungsform der hierin beschriebenen Erfindung ist in Fig. 1 in Form eines Blockdiagramms gezeigt. In dieser Figur verwendet das gezeigte Ohrstück **10**, das im Ohr **11** getragen wird, ein Standard-Ganz-im-Gehörgang(CIC)-Gehäuse, das in der Technik bekannt ist, obwohl viele andere Ohrstück-Gehäusetypen, die in der Technik bekannt sind (z. B. Hinter-dem-Ohr oder BTE), verwendet werden können. Das in Fig. 1 gezeigte Ohrstück umfasst ein Mikrofon **12**, einen HF-Sendeempfänger **13** mit einer Antenne, die auch als ein Ohrstückauszieher **14** fungiert, und einen Lautsprecher **15**. Obwohl die in Fig. 1 gezeigte Doppelnutzungs-Antenne/Auszieher-Anordnung häufig wünschenswert ist, kann man auch eine separate Antenne oder separate Antennen in Verbindung mit vielen verschiedenen Typen von Ohrstück-Ausziehern verwenden, wie für eine bestimmte Anwendung zweckmäßig. Antennen und Auszieher können als Ohrhaar oder Schmuck (z. B. Ohrringe) getarnt werden, oder leitende Filamente können mittels eines Prozesses ähnlich dem Ohrstechen permanent im Ohrknorpel implantiert werden, um als Antennen zu wirken. Das Ohrstück **10** kommuniziert mit einer entfernten Prozessoreinheit (RPU) **16** über eine primäre Zweiweg-HF-Verbindung **17**, obwohl viele andere drahtlose Verbindungsmedien (z. B. Ultraschall oder Infrarot) statt dessen verwendet werden können. Die RPU wird typischerweise unter der Kleidung getragen (z. B. in einer Tasche oder Börse getragen), kann aber auch deutlich sichtbar (z. B. auf einem Gürtel) getragen werden, falls gewünscht. Die RPU **16** kann (über drahtgestützte oder drahtlose Mittel **18**) mit einem optionalen sekundären Drahtlosverbindungs-Schaltungsteil **19** verbunden sein, der drahtlose Kommunikation zwischen der RPU und anderen Informationsquellen (z. B. dem allgemeinen Teilnehmer-Telefonnetz) über eine sekundäre drahtlose Verbindung erlaubt. Man beachte, dass der optionale sekundäre Drahtlosverbindungs-Schaltungsteil **19** in dem RPU-Gehäuse **70** von Fig. 7 enthalten sein kann oder nicht.

[0022] Der Fachmann erkennt, dass viele Varianten des in Fig. 1 gezeigten Systems möglich sind, und zwei Ausführungsform der Erfindung werden hier im Detail beschrieben. Die erste bevorzugte Ausführungsform ist eine begrenzt ausgestattete, unter Verwendung von handelsüblichen Serien-Systemelementen zusammengebaute Ausführungsform, die die Basismerkmale einer Hörhilfe mit entferntem Prozessor und auch Kommunikationsfähigkeit über eine sekundäre drahtlose Verbindung veranschaulicht. Die zweite bevorzugte Ausführungsform ist eine wesentlich komplexere voll ausgestattete Ausführungsform für allgemeine Anwendung.

Begrenzt ausgestattete Ausführungsform

[0023] Die in Fig. 2 gezeigte Ausführungsform einer begrenzt ausgestatteten Hörhilfe kann unter Verwendung von preiswerten handelsüblichen Serien-HF-Systemelementen hergestellt werden, die im Standard-FM(Frequenzmodulations)-Rundfunkband von 88 MHz bis 108 MHz arbeiten. Das hier beschriebene System ist zwar einohrig, dem Fachmann ist aber klar, dass man auf Basis derselben Prinzipien wie das einohrige System ein beidohriges System (Stereosystem) konstruieren kann. Man beachte, dass das Ohrstück **22** von Fig. 2 physisch von dem Ohrstück **10** von Fig. 1 verschieden ist, doch sind die zwei Ohrstücke funktionell ähnlich. Ein HF-Drahtlosmikrofon-**20**-Sender, z. B. Radio Shack (R) Modell 33-1076, ist an einem HF-Kopfsprechhörer-**21**-Empfänger, z. B. Radio Shack (R) Modell 12-103, montiert, um ein Ohrstück **22** auszubilden, welches nicht notwendigerweise vor Sicht verborgen ist. Der Ohrstück-Drahtlosmikrofon-**20**-Sender ist auf eine von lokaler Störung freie feste Frequenz F1 abgestimmt, z. B. F1 = 106 MHz, während der Ohrstück-Kopfsprechhörer-**21**-Empfänger auf eine andere von lokaler Störung freie Frequenz F2 abgestimmt ist, z. B. F2 = 90 MHz. Die RPU **23** enthält einen FM-Empfänger **24**, z. B. Radio Shack (R) Modell 12-210, der auf die Frequenz F1 (in diesem Beispiel 106 MHz) des Ohrstück-Drahtlosmikrofon-**20**-Senders abgestimmt ist und in einohriger Betriebsart arbeitet (siehe Anleitungen für den FM-Empfänger Radio Shack (R) Modell 12-210 hinsichtlich Betriebsdetails). Die Lautsprecher des FM-Empfängers **24** werden entfernt, und an Stelle eines der Lautsprecher wird ein Draht eingebaut, um den Ausgang des FM-Empfängers **24** mit dem Doppelpol-Doppelstellungs(DPDT)-Schalter **25** wie in Fig. 2 gezeigt zu verbinden. Wenn der DPDT-Schalter **25** in der unteren Position wie in Fig. 2 gezeigt ist, wird eine direkte Verbindung zwischen dem Ausgang des FM-Empfängers **24** und dem Eingang der Signalverarbeitungsvorrichtung eines Signalverbesserers **26** bereitgestellt. Der Signalverbesserer **26** kann zum Beispiel ein OKI Semiconductor MSM6322 "Tonhöhensteuerungs-LSI für das Sprachsignal" sein, welche bequem für batteriegespeisten Betrieb gepackt werden kann, wie im Telefon-Sprachänderungszubehör Questech Internatio-

nal Inc. Transition 2001 (siehe die Anleitungsblätter für diese Vorrichtungen hinsichtlich Betriebsdetails). Der Ausgang des Signalverbesserers **26** ist mit dem Eingang des RPU-FM-Senders **27** verbunden, welcher auf die Frequenz F2 (in diesem Beispiel 90 MHz) des Ohrstück-Kopfsprechhörer-**21**-Empfängers abgestimmt ist. Der RPU-FM-Sender **27** kann ein Drahtlosmikrofon von demselben Typ wie im Ohrstück verwendet sein, welcher aber modifiziert worden ist durch Abtrennen des Mikrofonwandlers und Anschließen des Signalverbesserers **26** an seiner Stelle.

[0024] Während normalem Betrieb werden Sprachsignale von einem Sprecher im Nahbereich (und andere Signale in der äußeren Tonumgebung) vom Ohrstück-Drahtlosmikrofon **20** aufgenommen und an den RPU-FM-Empfänger **24** gesendet. Der Ausgangspegel des RPU-FM-Empfängers **24** kann unter Verwendung der Lautstärkeregelung des RPU-FM-Empfängers **24** eingestellt werden. Die resultierende elektrische Signalform, die Signale von dem nahen Sprecher repräsentiert, läuft durch den DPDT-Schalter **25**, welche in die untere Position wie in Fig. 2 gezeigt gestellt ist, zum Signalverbesserer **26**. Der Signalverbesserer **26** kann zum Beispiel eine Sprachänderungsvorrichtung sein, die die Tonhöhe eines empfangenen Sprachsignals entsprechend den Einstellungen von am RPU-Signalverbesserer **26** befindlichen Druckknopfsteuerungen verändert. Die Tonhöhe des Sprachsignals kann dann nach Wunsch erhöht oder erniedrigt werden, um den Hörverlust eines Benutzers relativ zu den Stimmlagekenngrößen eines bestimmten Sprechers kompensieren zu helfen. Das modifizierte Sprachsignal läuft vom RPU-Signalverbesserer **26** zum RPU-FM-Sender **27** und schließlich zum Ohrstück-Kopfsprechhörer-**21**-Empfänger, wo das Signal in von Benutzer gehörte Schallwellen umgewandelt wird.

[0025] An den Komponenten des Ohrstücks **22** müssen keine Benutzereinstellungen vorgenommen werden, und alle notwendigen Benutzereinstellungen werden unter Verwendung von Steuerungen durchgeführt, die sich an der RPU **23** befinden (z. B. wird die Lautstärke für einen komfortablen Hörpegel unter Verwendung der Lautstärkeregelung des RPU-FM-Empfängers **24**, nicht der Lautstärkeregelung des Ohrstück-Kopfsprechhörers **21** eingestellt). Da keine Benutzereinstellungen am Ohrstück **22** erforderlich sind, können die für das Ohrstück **22** verwendeten Gestaltungen des handelsüblichen Drahtlosmikrofon-**20**-Senders und Kopfsprechhörer-**21**-Empfängers modifiziert werden, indem die unnötigen Ohrstück-Einstellungssteuerungen beseitigt werden, um eine wesentliche Größenreduzierung zu erreichen. Solche Miniaturisierungstechniken sind in der Technik bekannt, und für die in diesem Beispiel verwendeten Gestaltungen sind von Radio Shack (R) Schemata erhältlich (siehe Servicehandbücher für das Drahtlosmikrofon Radio Shack (R) Modell 33-1076 und den Kopfsprechhörer Modell 12-103). Man kann einen Satz von Festwert-Komponenten verwenden, um die platzraubenden variablen Komponenten im Ohrstück **22** zu ersetzen (z. B. die Lautstärkeregelung am Ohrstück-Kopfsprechhörer **21** und die Frequenzregelungen sowohl am Ohrstück-Kopfsprechhörer **21** als auch am Ohrstück-Drahtlosmikrofon **20**). Irgendwelche resultierenden Frequenzdrifteffekte in Komponenten des Ohrstücks **22** können minimiert werden, indem temperaturempfindliche Vorrichtungen in einer Position platziert werden, in der ihre Temperatur durch jene des menschlichen Körpers reguliert wird, welche relativ konstant 37 C (98,6 F) ist. Solche Komponenten können an den Lautsprecher des Ohrstücks **21** geklebt werden, um die erforderliche thermische Masse bereitzustellen. Ein Miniaturlautsprecher von dem bei Hörhilfen gewöhnlich verwendeten Typ kann an Stelle des handelsüblich mit dem Ohrstück-Kopfsprechhörer **21** gelieferten Lautsprechers verwendet werden, und ein Miniaturmikrofon von dem bei Hörhilfen gewöhnlich verwendeten Typ kann an Stelle des handelsüblich mit dem Ohrstück-Drahtlosmikrofon **20** gelieferten Mikrofonwandlers verwendet werden. Sowohl der Ohrstück-Kopfsprechhörer **21** als auch das Ohrstück-Drahtlosmikrofon **20** können mit derselben 1,5-V-Batterie arbeiten, und das ganze Ohrstück **22** kann in ein Standard-BTE-Hörhilfegehäuse gepackt werden, falls gewünscht. So eine Miniaturisierung stellt ein Ohrstück bereit, welches in vielen Fällen vor der Sicht eines zufälligen Beobachters verborgen werden kann (z. B. wenn der Benutzer langes Haar hat), insbesondere wenn Miniatur-Ferritantennen verwendet werden. Die RPU **23** kann vor Sicht verborgen werden, wenn sie in einer Tasche oder Börse getragen und betrieben wird.

[0026] Die in Fig. 2 gezeigte RPU enthält außerdem als ein optionales Merkmal einen Telefon-Handapparat **28**, welcher ein Schnurlos-Handapparat (z. B. Panasonic Modell KXT3710H), ein Zellular-Handapparat (z. B. NEC Modell P120) oder ein Schnurlos- oder Zellular-Handapparat mit Sprachwählfähigkeit oder eine von mannigfachen anderen Vorrichtungen (z. B. ein "Handfunksprechgerät") sein kann, die zu Kommunikation über irgendeinen Typ von sekundärer drahtloser Verbindung **29** (z. B. HF oder Infrarot) im Stande sind. In dieser Anwendung wird der Handapparat **28** nicht in der Hand des Benutzers gehalten, sondern bildet statt dessen einen Teil der RPU **23**, die am Körper des Benutzers getragen wird oder sich in dessen Nähe befindet. Die Druckknöpfe des Handapparats **28** und andere Steuerungen des Handapparats **28** sind an der Oberfläche der RPU **23** erreichbar und werden auf die übliche Weise bedient. Wenn Kommunikation über die sekundäre drahtlose Verbindung **29** gewünscht wird, wird der DPDT-Schalter **25** in die obere Position gestellt (d. h. die zu der in Fig. 2 gezeigte alternative Position). Die Stimme des Be-

nutzers (und andere Signale in der äußeren Tonumgebung) wird vom Ohrstück-Drahtlosmikrofon **20** aufgenommen, zum RPU-FM-Empfänger **24** gesendet, über den DPDT-Schalter **25** zum Mikrofoneingang des Handapparats **28** gesendet (der Mikrofonwandler des Handapparats kann entfernt werden) und auf der sekundären drahtlosen Verbindung **29** z. B. zum Teilnehmertelefonnetz gesendet. Signale von der sekundären drahtlosen Verbindung **29** werden vom Handapparat **28** empfangen, vom Lautsprecherausgang des Handapparats **28** (der Lautsprecher des Handapparats kann entfernt werden) über den DPDT-Schalter **25** zum Signalverbesserer **26**, FM-Sender **27** und schließlich zum Ohrstück-Kopfsprechhörer-**21**-Empfänger gesendet, wo die Signale in vom Benutzer gehörte Schallwellen umgewandelt werden. Man beachte, dass die RPU **23** außerdem Direktverbindungen mit einem PDA(Personal Digital Assistant)-Computer oder sprachbedienten Vorrichtungen enthalten kann, die mit dem Ausgang des FM-Empfängers **24** verbunden und in Fig. 2 nicht gezeigt sind.

[0027] Die HF-Ausgangsleistung des Ohrstück-Drahtlosmikrofons **20** und des RPU-FM-Senders **27** kann durch FCC-Regelungen auf einen Pegel von –47 dBm oder –47 Dezibel relativ zu einem Leistungspegel von einem Milliwatt (siehe 47 CFR Ch. 1, Para. 15.239 zu Feldstärkegrenzen, und die Beziehung zwischen der Feldstärke und der Senderleistung wird später mit Bezug auf die voll ausgestattete Ausführungsform erörtert) im 88 MHz bis 108 MHz Band begrenzt sein, was niedrig ist verglichen mit der HF-Ausgangsleistung von kommerziellen Rundfunkstationen, die in demselben Band arbeiten. Als Folge müssen vor dem Betrieb "klare" Betriebsfrequenzen für das Ohrstück **22** und die RPU **23** (d. h. Betriebsfrequenzen mit angemessen niedrigen Störungspegeln) gewählt werden (in Abhängigkeit vom Ort des Gebrauchs), um Störung von kommerziellen Rundfunkstationen zu vermeiden und um auch den Betrieb von vielen eng benachbarten Einheiten ohne gegenseitige Störung zu erlauben. Störungsprobleme und HF-Sender-Leistungsbeschränkungen können gemindert werden durch Betrieb des Systems in den "Gehörassistenzvorrichtungs"-Frequenzbändern nahe 73 MHz, wo die HF-Senderleistung so viel wie +2,8 dBm sein kann (siehe 47 CFR Ch. 1, Para. 15.237).

Voll ausgestattete Ausführungsform

[0028] Wünschenswerte Merkmale: Für eine voll ausgestattete bevorzugte Ausführungsform der Erfindung werden viele Merkmale als wünschenswert erachtet. Für weitverbreitete Anwendung wird bevorzugt, dass das System den Betrieb von vielen eng benachbarten Einheiten ohne gegenseitige Störung erlaubt. Gelegentliche Störung von natürlichen oder künstlichen Quellen ist akzeptabel, so lange so eine Störung nicht in wesentlicher Verschlechterung der Tonqualität resultiert. Der Ohrstück-Stromverbrauch wird bevorzugt minimiert, um die Batterielebensdauer zu verlängern, und die Verwendung einer wiederaufladbaren Batterie ist wünschenswert. Das Ohrstück ist bevorzugt kleiner als der Kopf eines Baumwolltupfers, um für die Mehrzahl von Benutzern vor Sicht verborgen zu sein. Fig. 1 zeigt ein Ohrstück **10**, das den gewünschten CIC-Formfaktor bereitstellt. Die bevorzugte Ausführungsform sollte arbeiten können, wenn das Ohrstück **10** und die RPU **16** um 0,6 Meter (zwei Feet) voneinander getrennt sind, und eine größere Reichweite ist wünschenswert. Um Lippenlesen zu erlauben, ist die Gesamtverzögerung zwischen der Ankunft eines äußeren Schallsignals am Ohrstückmikrofon **12** und der Erzeugung eines entsprechenden verarbeiteten Schallsignals am Ohrstücklautsprecher **15** bevorzugt kleiner als 50 Millisekunden. Um zu wissen, woher Schall kommt (beidohrige Ortung), sind regellose linke/rechte Ohrstück-Timing-Schwankungen bevorzugt kleiner als 20 Mikrosekunden. Man beachte, dass größere, feste linke/rechte Timing-Schwankungen nicht tragbar sind. Mikrofone werden bevorzugt in den Ohrstücken montiert (und nicht am Körper getragen), um autonomen Ohrstückbetrieb im Falle, das die primäre Kommunikationsverbindung **17** zwischen dem Ohrstück **10** und der RPU **16** unterbrochen ist, zu ermöglichen und um die natürlichen Richtungsfindefähigkeiten des Benutzers mit Kopfbewegung zu erhalten, während Wind- und Kleidungsgeräusch vom kritischen Tonweg reduziert wird. Man beachte, dass am Körper getragene Zusatzmikrofone (z. B. in der RPU **16**) zur Messung von Hintergrundgeräusch zwecks automatischer Einstellung von Hörhilfeparametern verwendet werden können. Die Tonbandbreite des Systems (d. h. die über die ganze Verarbeitung gewahrte und am Lautsprecher **15** jedes Ohrstücks **10** zur Verfügung stehende Tonsignalbandbreite) ist bevorzugt größer als 6 KHz, so dass alle wesentlichen Sprachinformationen bewahrt werden. Siehe die Verwendung eines Artikulationsindex in "Reference Data for Radio Engineers", um die Konsequenzen der Verwendung von weniger als 6 KHz Bandbreite abzuschätzen.

[0029] Wahl des drahtlosen Mediums: Bei dieser Erfindung kann man mannigfache drahtlose Medien verwenden, z. B. HF, optisch (einschließlich Infrarot), Schallwellen (einschließlich Ultraschall), Induktionsschleifen- und kapazitive Kopplung. Man kann beliebige dieser Formen von drahtloser Kommunikation und auch andere, hier nicht im Detail erörterte (z. B. Akustomagneto-Resonanztechniken) bei der Realisierung der vorliegenden Erfindung verwenden. Da drahtlose Kommunikationstechniken mit Induktionsschleifen- und kapazitiver Kopplung typischerweise eher für Einweg- als für Zweiweg-Kommunikationssysteme geeignet sind, werden diese Techniken in Bezug auf die vorliegende Beschreibung der bevor-

zugten Ausführungsform nicht näher erörtert. Ähnlich werden Methoden mit optischen und akustischen Wellen wegen der Schwierigkeiten bei der Bereitstellung eines Systems, welches Kleidung wirksam durchdringen kann, nicht näher in Betracht gezogen. Eine HF-Methode ist daher die einzige Methode, die für die voll bevorzugte ausgestattete Ausführungsform im Detail beschrieben wird, und eine HF-Methode ist schon als eine begrenzt ausgestattete Ausführungsform beschrieben worden.

[0030] Wahl der Funkfrequenz: Betriebsfrequenzen im Bereich von 900 MHz bis 6 GHz hat man lange für elektronische Artikelüberwachungs(EAS)-Diebstahlschutzsysteme und HF-Kennungsanhänger verwendet (siehe den Hewlett Packard "Communications Components Catalog" wegen einer Beschreibung solcher Systeme und der zugehörigen Komponenten). EAS-Technik hat die erwiesene Fähigkeit, Kleidung zu durchdringen und eine drahtlose Kommunikationsverbindung mit kurzer Reichweite bereitzustellen. Betrieb der voll ausgestatteten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung innerhalb dieses Frequenzbereichs ist wegen der Verfügbarkeit von preiswerten Komponenten wünschenswert. Bei EAS und anderen Systemen ist es eine einfache Methode der HF-Antennengestaltung, einen Leiter bereitzustellen, der ein Viertel der Wellenlänge bei der HF-Betriebsfrequenz hat (siehe die Erörterung von Antennengrundlagen in "The ARRL Handbook for the Radio Amateur" wegen einer Beschreibung der Marconi-Antenne). Da eine Viertel-Wellenlängen-Antenne bei 6 GHZ 1,27 cm (ein halbes Inch) lang ist, kann eine Antenne bei dieser Frequenz leicht als ein Ohrhaar getarnt werden und kann auch als ein Hörhilfe-Ohrstückauszieher **14** dienen (obwohl es weder erforderlich ist, dass die Antenne oder Antennen als ein Auszieher dienen, noch, dass sie als ein Ohrhaar getarnt werden). Man beachte, dass Frequenzen niedriger als 6 GHz verwendet werden können (z. B. wie vorher für die begrenzt ausgestattete Ausführungsform beschrieben), doch werden die Komponenten und Antennen im Allgemeinen größer. Ähnlich können auch Frequenzen höher als 6 GHz für die vorliegende Erfindung verwendet werden, doch sind Komponenten nicht so leicht erhältlich. Für die vorliegende Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform wird daher der Bereich von Frequenzen nahe 6 GHz gewählt, wegen des Umstands, dass 6 GHz die niedrigste Frequenz ist, für welche die Antennenlänge dieselbe wie jene eines typischen Auszichers oder Ohrhaares ist, und Miniaturkomponenten, die in der Nähe von 6 GHz arbeiten, sind leicht erhältlich.

[0031] HF-Weg-Effekte: Der Weg zwischen dem Ohrstück und der RPU ist bevorzugt, aber nicht notwendigerweise, eine Sichtverbindung. Um zu zeigen, dass eine Sichtverbindung möglich ist, nehme man an, dass sich die RPU in der Nähe des Nabels des Benutzers befindet. Ein Teleskopzeiger mit 0,6 Meter (zwei Feet) Länge, wenn ganz ausgefahren, kann dann verwendet werden, um physisch zu demonstrieren, dass es für alle Kopf- und Körperpositionen einen direkten Sichtverbindungsweg zwischen der RPU und beiden Ohrstücken gibt, indem ein Ende des Zeigers am Nabel und das andere Ende am Eingang in einen Gehörgang platziert wird. Wenn sich der Benutzer umher bewegt, ändert der Zeiger seine Länge, definiert aber immer einen Sichtverbindungsweg zwischen den RPU- und Ohrstück-Positionen. Der aus der Hinzufügung einer Schicht Kleidung in den Sichtverbindungsweg (z. B. über der RPU) resultierende Übertragungsverlust ist minimal, und HF-Signale mit 6 GHz können auch dünne Schichten Körpergewebe durchdringen. Speziell, die Hauttiefe, definiert als die Tiefe, in der die Leistung einer einfallenden ebenen HF-Welle das 0,135-fache ihres Werts an der Oberfläche der Haut ist (d. h. ungefähr 8,7 dB Verlust), ist ungefähr 7 mm (0,28 Inch) bei 6 GHz (siehe das "Radiofrequency Radiation Dosimetry Handbook", DTIC ADA 180678, wegen Details). Obwohl daher der menschliche Körper HF-Signale bei 6 GHz wirksam blockiert und die meiste Energie an der Hautoberfläche absorbiert wird, durchdringen HF-Signale den relativ dünnen äußeren Ohrknorpel bis zu einem gewissen Grad.

[0032] Freiraumwegverlust: Auch unter der Voraussetzung, dass es einen Sichtverbindungsweg zwischen dem Ohrstück und der RPU gibt, sind die Übertragungsleistungsverluste von 6-GHz-HF-Signalen ziemlich hoch. Der Freiraumwegverlust in dB kann ausgedrückt werden als 96,58 + 20[log(Reichweite in Meilen × Frequenz in GHz)] oder 92,45 + 20[log(Reichweite in Kilometern × Frequenz in GHz)]. Siehe die Erörterung von Raumkommunikationswegverlusten in "Reference Data for Radio Engineers" wegen Ableitungen. Näherungswerte für den Freiraumwegverlust bei 6 GHz sind 47 dB bei 0,9 m (3 ft), 57 dB bei 3 m (9 ft) und 67 dB bei 9 m (30 ft). Da ein Verlust von 3 dB einem Verlust von der halben Signalleistung entspricht und ein Signal, welches einen Leistungspegel 20 dB unterhalb von jenem eines anderen Signals hat, nur 1% der Leistung des anderen Signals hat, hat ein in einer Entfernung von 9 m (30 ft) empfangenes 6-GHz-Signal nur 1% der Leistung eines in einer Entfernung von 0,9 m (3 ft) empfangenen Signals, wenn isotropische (Rundum-)Antennen am Sender und an den Empfängern verwendet werden. Bei vielen Systemen überwindet man Wegverluste durch Verwendung von Antennen mit starker Richtwirkung, welche zusätzlichen Gewinn liefern (typischerweise +28 dB für jede Antenne, mit einer Antenne am Sendeende und einer anderen am Empfangsende einer Verbindung). Für Anwendung bei der vorliegenden Erfindung sind physisch große Antennen mit hohem Gewinn jedoch inakzeptabel. Techniken, die kleine Antennen verwenden, um Übertragungswegverluste zu reduzieren, sind für die vorliegende Erfindung anwendbar, insbesondere in

der RPU, und es sind viele Schemata möglich. Zum Beispiel zeigt Fig. 9 eine einfache Methode, bei der drei Antennen in verschiedenen Orientierungen in der RPU angeordnet sind und mehr Antennen verwendet werden können, falls erforderlich. Eine Antenne **900** wird mittels eines Schalters **902** ausgewählt (unter der Steuerung eines Digitalsignalprozessors DSP **948** über ein Steuersignal **966**), während eine Antenne **960** mittels eines Schalters **962** abgewählt wird (unter der Steuerung des DSP **948** über ein Steuersignal **964**) und eine Antenne **970** mittels eines Schalters **904** abgewählt wird (unter der Steuerung des DSP **948** über ein Steuersignal **968**). Die HF-Schalter **902**, **904** und **962** können zum Beispiel unter Verwendung von PIN-Dioden hergestellt werden, die in der Technik bekannt sind. Der Antennenauswahlprozess, der in der Technik als "Diversitätsumschaltung" bekannt ist, wird durch den DSP **948** automatisch gesteuert, und die Antenne, die die beste Verbindungszuverlässigkeit liefert (wie durch die wenigsten Paritätsfehler angezeigt, später beschrieben), wird durch den DSP **948** zur Verwendung ausgewählt. Andere in der Technik bekannte Techniken, z. B. elektronisch gesteuerte Phasenarrays, können ebenfalls verwendet werden.

[0033] Betriebsleistungsgrenzen: Betrieb in vielen Frequenzbändern ist möglich, so lange die anwendbaren Anforderungen erfüllt werden. Ein Frequenzband etwas unterhalb von 6 GHz, das 5725 bis 5875 MHz ISM-Band (industriell, wissenschaftlich und medizinisch), wird hier verwendet, um den Betrieb einer voll ausgestatteten bevorzugten Ausführungsform zu veranschaulichen. Zulassungsfreier Betrieb in diesem Band ist in den Vereinigten Staaten durch 47 CFR Ch. 1, Para. 15.249, geregelt, und je nach dem Land, in dem die Erfindung verwendet wird, können andere Beschränkungen gelten. Für die vorliegende Erörterung werden nur die Randbedingungen berücksichtigt, die die United States Federal Communications Commission dem Betrieb auferlegt hat. Im 5725 MHz bis 5875 MHz ISM-Band muss die mittlere Feldstärke in drei Metern kleiner als 50 mV/Meter sein. Für einen isotropischen Strahler wird die Leistung in Watt als 3,33% des Quadrats des Produkts der Feldstärke in V/Meter und der Reichweite in Metern ausgedrückt. Siehe den Abschnitt über Antennen, insbesondere in Bezug auf Feldstärke und abgestrahlte Leistung von Antennen im Freiraum, in "Reference Data for Radio Engineers", und auch Annex K des "Manual of Regulations and Procedures for Federal Radio Frequency Management" wegen Ableitungen. Für die angegebene Reichweite von drei Metern und Feldstärke von 50 mV/Meter ist die mittlere Leistungsgrenze 0,75 mW (–1,25 dBm). Ein Spitzen-Feldstärkewert 20 dB (ein Faktor 10) höher ist erlaubt (500 mV/Meter), was zu einer Spitzen-Leistungsgrenze von 75 mW (+18,75 dBm) führt. Es können auch andere Beschränkungen gelten, diese Beschränkungen werden aber leicht durch Standard-Gestaltungspraktiken eingehalten (siehe 47 CFR Part 15, Subpart C-Intentional Radiators).

[0034] Mögliche Störungsquellen: Obwohl die Regelungen, die den Betrieb von Vorrichtungen im ISM-Band nahe 6 GHz regeln, die HF-Sendeleistung auf relativ niedrige Pegel begrenzen, helfen solche Grenzen sicherzustellen, dass andere Geräte wahrscheinlich nicht stören. Störung von anderen nahe gelegenen Hörhilfen wird durch ein Zeitmultiplexschema beseitigt, das später in diesem Abschnitt beschrieben wird. Störung durch Reflexionen von Signalen an entfernten Oberflächen (in der Technik als "Mehrweg" bekannt) wird durch den Rundum-Freiraumwegverlust beseitigt. Die bei der Erfindung verwendete relativ niedrige Datenrate ergibt Immunität gegen Reflexionen an nahe gelegenen Oberflächen. Störung von anderen nahe gelegenen Kleinleistungsgeräten wird durch den früher beschriebenen Freiraumwegverlust minimiert. Störung von Hochleistungs-ISM-Geräten (typischerweise Punkt-zu-Punkt-Kommunikationsverbindungen mit Antennen mit hohem Gewinn) wird dadurch beseitigt, dass sich der Benutzer aus dem schmalen Hochleistungsstrahl bewegt. Ein vorgeschlagenes europäisches elektronisches Kraftfahrzeug-Mauteinzugssystem würde Hochleistungspulse bei 5,8 GHz verwenden, doch sind die Wagen in Bewegung und bieten Abschirmung. Hochleistungs-Wetterradars wie z. B. jene, die man an Flughäfen findet und von Fernsehstationen verwendet werden, arbeiten unterhalb von 5650 MHz, was 75 MHz unterhab des interessierenden ISM-Bandes ist. Im gegenwärtigen Zeitpunkt ist daher das ISM-Band nahe 6 GHz eine vernünftige Wahl für Betrieb dieses zulassungsfreien Geräts.

[0035] HF-System-Betrieb: Kenntnis der Technik von Bordelektronik-Gestaltung, insbesondere des Mode-S-Luftverkehrskontroll-Sekundärradarsystems (siehe "U.S. National Aviation Standard for the Mode Select Beacon System, Appendix 1 zu DOT FAA Order 6365.1A"), ist eine Hilfe zum Verständnis der voll ausgestatteten Ausführungsform der Erfindung. Bei dem Mode-S-Luftverkehrskontrollsystem sendet ein bodengestütztes Gerät, das in der Technik als Interrogator bekannt ist, ein in der Technik bekanntes Signal als eine Abfrage, um individuell Vorrichtungen abzufragen die in der Technik als Transponder (Sender-Responder) bekannt sind, die von Flugzeugen getragen werden. Empfang einer richtig adressierten Abfrage durch einen Transponder (d. h., die Adressbits in der Abfrage passen zu der internen Adresse des Transponders) eruiert ein in der Technik als Antwort bekanntes Signal, welches vom Transponder gesendet wird und von einem Antwortverarbeitungs-Schaltungsteil im Interrogator empfangen wird. Ein Transponder ist daher ein spezialisierter Typ von Sendeempfänger, welcher nur nach erfolgreichem Empfang einer passenden Abfrage sendet (antwortet). Bei dem in Fig. 1 gezeigte Hörhilfesys-

tem enthält die RPU **16** neben anderen Schaltungsteilen ein Interrogator-System und einen Antwortprozessor, die für die Erzeugung und den Empfang von digitalen Mikrowellensignalen geeignet sind. Man beachte, dass analoge Modulationstechniken, die in der Technik bekannt sind (z. B. Frequenzmodulation, wie in der begrenzt ausgestatteten Ausführungsform verwendet) auch in einer voll ausgestatteten Ausführungsform verwendet werden könnten, doch werden hier nur digitale Techniken detailliert beschrieben. Jedes Ohrstück **10** enthält einen Transponder (in diesem Beispiel den Sendeempfänger **13**), der als Antwort auf eine korrekt adressierte Abfrage eine Antwort erzeugt. Abfragen vom Interrogator der RPU **16** an den Transponder **13** des Ohrstücks **10** über die primäre HF-Verbindung **17** bestehen aus einem Synchronisierpuls, einem Links/Rechts(L/R)-Auswahlbit, einer Transponderadresse, Tondaten von der RPU **16** zum Ohrstück **10**, einem Zusatzbit (später in diesem Abschnitt beschrieben) und einem unmodulierten Träger-Intervall. Antworten vom Transponder **13** des Ohrstücks **10** an den Antwortprozessor der RPU **16** enthalten einen Synchronisierpuls, Tondaten vom Ohrstück **10** zur RPU **16**, ein Zusatzbit und ein Paritätsbit. Bei Verwendung der hier beschriebenen Technik wird keine Interrogator-Adresse benötigt, und der Transponder erzeugt Antworten durch Modulieren des unmodulierten Trägers vom Interrogator, und im Transponder **13** des Ohrstücks **10** ist weder ein Oszillator für Mikrowellen (6 GHz) noch ein Verstärker erforderlich. Es ist zwar physikalisch möglich, einen Mikrowellenoszillator oder -verstärker im Transponder **13** des Ohrstücks **10** zu verwenden, und es kann in bestimmten Fällen irgendeinen Vorteil geben, dies zu tun, die hier beschriebene voll ausgestattete bevorzugte Ausführungsform vermeidet es aber, solche Vorrichtungen im Ohrstück **10** zu platzieren, um Größe und Stromverbrauch zu minimieren. Man beachte, dass die begrenzt ausgestattete Ausführungsform von Fig. 2 Oszillatoren und Verstärker im Drahtlosmikrofon **20** und Kopfsprechhörer **21** des Ohrstück **22** verwendet. In manchen Anwendungen kann es wünschenswert sein, mehrere RPUs zu verwenden, die miteinander kommunizieren. Bei solchen Anwendungen kann jede RPU zum Beispiel einen vollständigen adressierbaren Transponder als Teil des internen Schaltungsteils der RPU enthalten. Die Kommunikation zwischen RPUs wird dann auf dieselbe Weise wie die hier beschriebene Kommunikation zwischen einer RPU und einem Ohrstück durchgeführt.

[0036] Abfrage- und Antwortfrequenzbänder: Einer von vielen Unterschieden zwischen dem Mode-S-System und der voll ausgestatteten bevorzugten Ausführungsform des Hörhilfesystems ist die Betriebsfrequenz. Während das Mode-S-System eine Mittenfrequenz von 1030 MHz für Abfragen und 1090 MHz für Antworten verwendet, verwendet die Hörhilfe 5760 MHz für Abfragen und 5820 MHz für Antworten, wie in der grafischen Darstellung der relativen spektralen Magnitude von Fig. 3 gezeigt. Sowohl bei der typischen Hörhilfe als auch bei Mode-S-Systemen ist jedoch die Zwischenfrequenz (ZF) 60 MHz (die Differenz zwischen den Abfrage- und Antwort-Zwischenfrequenzen), um Verwendung von Standard-Miniaturkomponenten zu erlauben. Ein anderer Unterschied ist, dass Mode-S-Antworten PPM (Pulspositionsmodulation) mit einer Datenrate von 1 MHz verwenden, was in einer Bandbreite von 2,6 MHz mit 3 dB und einer Bandbreite von 14 MHz mit 20 dB resultiert, während die Hörhilfe-Abfragen PPM (um die HF-Gestaltung des Ohrstück-Transponders zu vereinfachen) mit einer Datenrate von 5 MHz verwenden, was in einer Bandbreite von 13 MHz mit 3 dB und einer Bandbreite von 70 MHz mit 20 dB resultiert, wie in Fig. 3 gezeigt. Man beachte, dass die angegebenen Bandbreiten in der Technik als Signalbandbreiten bekannt sind, und die Verwendung von HF- oder ZF-Filtern, welche diese Bandbreiten vermindern, kann Signalformverschlechterung verursachen, während die Verwendung von größeren Bandbreiten die Wahrscheinlichkeit von Verschlechterung aufgrund von Rauschen und Störung vergrößert. Mode-S-Abfragen verwenden DPSK (differentielle Phasenumtastung) bei einer Datenrate von 4 MHz, was in einer Bandbreite von 8 MHz mit 6 dB und einer Bandbreite von 20 MHz mit 19 dB resultiert, während die Hörhilfe unter Verwendung von DPSK (für erstklassige Rauschimmunität bei niedrigen Leistungspegeln) bei einer Datenrate von 20 MHz antwortet, was in einer Bandbreite von 40 MHz mit 6 dB und einer Bandbreite von 100 MHz mit 19 dB resultiert, wie in Fig. 3 gezeigt. Man beachte, dass während der Antwort des Ohrstück-Transponders der RPU-Interrogator einen unmodulierten Trägerpuls bei 5760 MHz sendet, welcher aufgrund seiner schmalen Bandbreite die Antwortsignalinformationen nicht stört, die in der Signalbandbreite von 5770 MHz bis 5870 MHz mit 19 dB enthalten sind. Statt der hier beschriebenen Techniken könnte man leicht andere Modulationstechniken (z. B. Phasenumtastung) verwenden, doch wurden die hier beschriebenen Modulationstechniken für die Beschreibung einer voll ausgestatteten bevorzugten Ausführungsform auf Basis von weit verbreitetem Gebrauch, Dokumentationsfülle und Verfügbarkeit der Komponenten gewählt. Ähnlich könnte man auch andere Datenraten, Leistungspegel, Abfragefrequenzen, Antwortfrequenzen und Zwischenfrequenzen als die hier beschriebenen verwenden.

[0037] Vereinfachtes Schema und Betrieb des HF-Schaltungsteil des Ohrstück-Transponders: Ein vereinfachtes Schema für einen typischen HF-Schaltungsteil des Ohrstück-Transponders ist in Fig. 4 gezeigt. Die Funktion des Schaltungsteils in Fig. 4 ist in dem Gesamt-Ohrstück-Blockdiagramm von Fig. 8 als HF-Demodulator und -Modulator **805** gezeigt. Obwohl die Funktion des HF-Demodulators und -Modu-

lators **805** unter Verwendung von anderen Schaltungen implementiert werden kann, die in der Technik bekannt sind, wird hier nur die Schaltung von Fig. 4 zu Erläuterungszwecken verwendet. Der Einfachheit halber sind keine Impedanzwandler-Anpassteile gezeigt (siehe "The ARRL Handbook for the Radio Amateur" wegen einer Beschreibung von Viertelwellen-Wandlern), und solche Wandler nehmen keinen wesentlichen Raum ein. Eine einzelne Viertelwellen-Marconi-Antenne **40** (sowohl in Fig. 4 als auch in Fig. 8 gezeigt) mit horizontaler Polarisierung (aufgrund ihrer aus dem Gehörgang austretenden Orientierung) wird sowohl für Abfragen als auch für Antworten verwendet, obwohl auch andere Antennengestaltungen möglich sind. In diesem Beispiel ist die Antenne eine Viertelwellenlänge bei 5790 MHz, was auf halbem Wege zwischen der Abfrage-Mittenfrequenz von 5760 MHz und der Antwort-Mittenfrequenz von 5820 MHz liegt, was in einem geringen Fehlanpassungsverlust resultiert. Die Antenne **40** hat eine Länge, die in der Funktion eines Ohrstück-Ausziehers nützlich sein kann, falls gewünscht. Die Serienresonanzkreise **41** und **42** sind tatsächlich dielektrische Qualitäts-Resonatoren, welche eine niedrige Impedanz bei Resonanz und ansonsten eine hohe Impedanz zeigen. Diese Resonatoren können aus Materialien mit hoher Dielektrizitätskonstante kundenspezifisch hergestellt werden und sind für Direktmontage in Mikrostreifenleitungs-Schaltungen geeignet (siehe den CAPCAD-Katalog der Dielectric Laborstories wegen Gestaltungsinformationen). Die Resonatoren haben typische Abmessungen von 0,25 (0,01 Inch) Dicke, 0,5 mm (0,02 Inch) Breite und 2,5 mm (0,1 Inch) Länge. Zur Veranschaulichung des Schaltungsbetriebs nehme man zunächst an, dass der Ohrstück-Transponder keine Abfragen erfasst und an dem Prozess, eine Antwort zu senden, nicht beteiligt ist. Speziell, mit Bezug auf Fig. 5, nehme man an, dass der Ohrstück-Schaltungsteil während einer Zeit, die weder ein Abfrage-Intervall **50** noch ein Antwort-Intervall **52** ist, in seinem Ruhezustand ist. In seinem Ruhezustand benötigt der HF-Schaltungsteil des Transponders nur einen geringen Leistungsbetrag, und in diesem Zustand sucht der Transponder unablässig mach einem Synchronisierpuls von einem RPU-Interrogator. Die Mittelbarrieren-Schottky-Diode **43** (z. B. HP 5082-2207) wird durch eine feste Vorspannung **44** vorwärtsvorgespannt, die über ein zugehöriges RL(Widerstand-Induktivität)-Netz 45 an die Diode **43** angelegt wird. Man beachte, dass man eine Null-Vorspannung-Diode (z. B. HP HSMS-0005) verwenden könnte, falls gewünscht, was die Notwendigkeit für eine Vorspannung **44** und ihr zugehöriges RL-Netz **45** beseitigt. Die Spannung an V1, welche über ein anderes RL-Netz **46** an die Diode angelegt wird, hat jederzeit einen Wert nahe Erde (null Volt), außer während des Antwort-Intervalls **52**. Wenn Abfrage-PPM-HF-Pulse empfangen werden, werden sie von der Schottky-Diode **43** erfasst und erscheinen nachfolgend am Spannungspunkt V2, über einen Induktor **47**, als Basisband-Videopulse. Typische an V2 erscheinende Pulse sind in Fig. 5 als Abschnitt des Abfrage-Intervalls **50** einer RPU-Abfrage **51** gezeigt. Die PPM-Abfrage-Basisband-Videopulse werden von einem Videoverstärker **810** und nachfolgendem Videopulsquantisierer-Schaltungsteil **815** verarbeitet, die in der Technik bekannt sind und hier nicht im Detail beschrieben werden (siehe die "TCAS Experimental Unit Hardware Description," NTIS ADA-169870, wegen Details so eines Schaltungsteils, angewandt im Mode-S-System), um Bits für Speicherung im Abfragedatenregister **820** zu erhalten. Wegen des relativ begrenzten Dynamikbereichs, den der Videoverstärker **810** benötigt, ist die im Mode-S-System häufig verwendete logarithmische Verstärkung bei der Hörhilfeanwendung typischerweise nicht nötig, und statt dessen kann man einen Schaltungsteil mit automatischer Verstärkungsregelung (AGC) verwenden. Nach Beendigung des Abfrage-Intervalls **50** sendet der RPU-Interrogator einen unmodulierten Trägerpuls mit 5760 MHz für die Dauer des Antwort-Intervalls **52**. Während des Antwort-Intervalls **52** wird ein (über den Modulator **830**) modulierter Kleinleistungs-Oszillator **835** mit 60 MHz an den Spannungspunkt V1 angelegt, wodurch die Diode **43** mit einer Rate von 60 MHz ein- und ausschaltet und als ein Mischer wirkt. Die Mischerdiode **43** erzeugt Frequenzkomponenten, die an der Differenzfrequenz von 5700 MHz und der Summenfrequenz von 5820 MHz zentriert sind. Die Summenkomponente bei 5820 MHz durchläuft den Resonator **42** und bildet die Antwort, welche von der Antenne **40** des Ohrstück-Transponders drahtlos zum Schaltungsteil des RPU-Antwortprozessors gesendet wird. Der 60-MHz-Oszillator **835** des Ohrstücks, welcher nur während des Antwort-Intervalls eingeschaltet wird, ändert die Phase in spezifizierten Zeitpunkten, um die DPSK-Antwortdaten zu erzeugen. Details dieses Betriebs sind in Fig. 8 gezeigt, wobei das Ausgangssignal des 60-MHz-Oszillators **835** vom Modulator **830** phasenmoduliert wird (d. h., mit dem Wert +1 oder –1 multipliziert, je nach den Werten der DPSK-codierten Bits, unter Verwendung der später beschriebenen Decodiertechnik, gespeichert im Antwortdatenregister **825**), bevor es an den HF-Modulator-Schaltungsteil **805** angelegt wird. Man beachte, dass alle Ohrstückfunktionen (z. B. Leistungsregelung für den 60-MHz-Oszillator **835**) durch einen kundenspezifische anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC) **845** gesteuert werden. Die ASIC **845** kann eine Kleinleistungs-Niederspannungs-Vorrichtung sein, ähnlich z. B. dem kundenprogrammierbaren Linear-/Digital-Gate-Array ECI Semicinductor P576. Viele der Funktionen, die in Fig. 8 der Deutlichkeit halber als getrennte Blöcke gezeigt sind, z. B. das Antwortdatenregister **825**, können innerhalb der ASIC **845** implementiert werden.

[0038] Interrogator der entfernten Prozessoreinheit und Antwortprozessor: Die in Fig. 9 gezeigte RPU

kann viele von mannigfachen Komponenten verwenden, die in der Technik bekannt sind. Der DSP **948** kann mehrere integrierte Schaltungen enthalten, z. B. den Ein-Chip-Digitalsignalprozessor Motorola DSP56L002, einen kaskadierbar-adaptiven Digitalfilterchip Motorola DSP56200 und Unterstützungsspeichervorrichtungen, die in der Technik bekannt sind. Miniatur-Komponenten wie z. B. dielektrische Resonanz-Resonatoren sind für den Mikrowellen-Oszillator **908** erhältlich, und die DSPK-Antworten können mittels Oberflächen-Akustikwellen(SAW)- oder Glasmasse-Akustikwellen(BAW)-Verzögerungsleitungen **936** in einer Standard-Verzögerungs- und Multiplizier-Demodulatorschaltung **934** decodiert werden. Ein alternativer Demodulator, der erstklassige Rauschimmunität erzielt, kann unter Verwendung einer Phasenregelschleife in einer Rechteckschleifengestaltung für Trägerwiedergewinnung statt des Verzögerungs- und Multiplizierschaltungsteils **934** verwendet werden. Decodieren einer DPSK-Signalform mittels solcher kohärenter Detektionstechniken ist in der Technik als differentiell codierte kohärente Phasenumtastung oder DECPSK bekannt. Nötigenfalls kann man Verstärker verwenden, die rauscharme pseudomorphe Transistoren mit hoher Elektronenbeweglichkeit (z. B. den HP-ATF-36077) verwenden (z. B. zwischen dem Zirkulator **906** und dem Wegewahlschalter **922**), und solche Verstärker sind in Fig. 9 nicht einzeln gekennzeichnet. Alle in Fig. 9 gezeigten Schalter sind HF-Schalter, die z. B. unter Verwendung von PIN-Dioden implementiert werden können. Schaltsteuerungsverbindungen vom DSP **948** zu den HF-Schaltern sind in Fig. 9 der Deutlichkeit halber gezeigt, und alle Schalter bleiben gesetzt, bis sie wie erwähnt umgestellt werden. Das in Fig. 9 gezeigte System demoduliert eine empfangene Antwort, wenn die HF-Antwort eine ausgewählte Antenne **900**, den Antennenwahlschalter **902**, den Zirkulator **906**, den Wegewahlschalter **922** (während des Antwort-Intervalls vom DSP **948** über das Steuersignal **976** in die entgegengesetzte Position wie die in Fig. 9 gezeigte gestellt), das Bandpassfilter **928** und den ZF-Mischer **930** durchläuft. Der ZF-Mischer **930** abwärtswandelt die Antwort, indem er sie mit einer kleinen Menge HF-Leistung vom 5760-MHz-Oszillator **908** über den Schalter **910** (welcher während des Antwort-Intervalls vom DSP **948** über das Steuersignal **972** in die entgegengesetzte Position wie die in Fig. 9 gezeigte gestellt ist) und den Stromteiler **920** mischt. Die resultierende DPSK-Antwort hat eine Mittenfrequenz von 6 MHz, eine Bandbreite von 100 MHz und wird durch das Bandpassfilter **932** zum DPSK-Demodulator **934** geleitet, welcher in diesem Beispiel aus einer 50-ns-Verzögerungsleitung **936** und dem Multiplizierer **938** besteht. Die resultierenden Bits werden im Antwortdatenregister **940** zur Verarbeitung durch den DSP **948** gespeichert.

[0039] Zeitmultiplex: In der hier im Detail beschriebenen Ausführungsform der Erfindung verwenden alle RPU-Interrogatoren ein Frequenzband, das zum Beispiel bei 5760 MHz zentriert ist, gemeinsam für Abfragen, während alle Ohrstück-Transponder ein anderes Frequenzband, das zum Beispiel bei 5820 MHz zentriert ist, gemeinsam für Antworten verwenden. Die Abfragen (und daher auch die Antworten) in der hier im Detail beschriebenen Ausführungsform werden durch die Verwendung von Zeitmultiplextechniken getimed, um "Kollisionen" zu vermeiden. Jede RPU enthält eine in der Technik als "Schniffer" bekannte Schaltung, die nur dann wirksam ist, wenn der RPU-Interrogator nicht sendet, und die das Vorhandensein von anderen Interrogatoren erfasst. Dieser Prozess ist in der Technik als "Freikanalbestimmung" bekannt. Die Sniffer-Schaltung (welche für dieses Beispiel hauptsächlich aus einer Schottky-Diode und anderen Schaltungsteilen bestehen kann, die den in einem Ohrstück-Transponder verwendeten ähnlich sind), erlaubt es der RPU, zu bestimmen, ob andere Interrogatoren in der Nähe sind oder nicht, wie auch die Zeitintervalle, während denen nahe gelegene Interrogatoren senden. Wie in Fig. 9 gezeigt, wird dieses Ergebnis erreicht, wenn HF-Abfragen von anderen Einheiten von einer ausgewählten Antenne **900** durch einen Antennenwahlschalter **902**, Zirkulator **906**, Wegewahlschalter **922** und ein Bandpassfilter **924** zum Sniffer **926** laufen, welcher dem DSP **948** das Vorhandensein von weiteren Interrogatoren anzeigt. Die Zeit wird in "Schlitze" unterteilt, wobei ein Schlitz als ein Zeitintervall von bestimmter Dauer definiert ist und wobei ein einzelner Abfrage/Antwort-Zyklus in einem einzelnen Zeitschlitz vonstatten geht. Mit Bezug auf Fig. 5 besteht ein Zeitschlitz aus der Dauer eines Abfrage-Intervalls **50** und des entsprechenden Antwort-Intervalls **52**. Wann immer möglich, sendet ein Interrogator in einem ansonsten unbelegten Zeitschlitz, der irgendeinem belegten Zeitschlitz unmittelbar folgt, mit einer mittleren Wiederholfrequenz, die von der Tonsignal-Abtastrate (später un diesem Abschnitt beschrieben) abhängt. Mittels dieser Methode können viele Interrogatoren und Transponder in enger Nachbarschaft arbeiten, ohne irgendwelche Zeitschlitze gemeinsam verwenden zu müssen. Das Vorhandensein von Störung, wie von der RPU erfasst, wird durch eine hohe Antwortfehlerrate (einen Paritätsfehler oder keine Antwort von einem ausgewählten Transponder) angezeigt. Nach einer bestimmten Zahl von Antwortfehlern (z. B. 1% in jedem 0,05-Sekunden-Intervall) schaltet der Interrogator auf einen unbelegten Zeitschlitz um, der der Antwort von einem zufällig ausgewählten nahe gelegenen System (wenn irgendein nahe gelegenes System erfasst wird) unmittelbar folgt. Wenn klein unbelegter Zeitschlitz zur Verfügung steh, sendet der Interrogator eine einzelne Abfrage in einem zufällig ausgewählten belegten Schlitz, bis erfolgreiche Kommunikation mit dem gewünschten Transponder eingerichtet ist. Auch kann eine andere RPU-Antenne ausgewählt werden, um bei der Einrichtung einer zuverlässigen Verbindung zwischen

dem RPU-Interrogator und dem ausgewählten Ohrstück-Transponder zu helfen. Wenn der RPU-Interrogator mit mehr als einem Ohrstück-Transponder kommunizieren muss, werden die Zeitschlitz- und Antennenauswahlinformationen für jeden Transponder getrennt im RPU-DSP **948** gespeichert. Die Zeitschlitz-Auswahlprozedur kann andere Interrogatoren zwingen oder nicht, ihre Zeitschlitz-Auswahlen aufgrund von Störung zu ändern, abhängig von Betrachtungen zur relativen Geometrie, die später in diesem Abschnitt beschrieben werden. Auf alle Fälle erlaubt es die gerade beschriebene Prozedur jedoch, große Zahlen von ähnlichen Einheiten in enger Nachbarschaft zu betreiben, selbst unter Bedingungen von ungünstigster Geometrie gegenseitiger HF-Störung.

[0040] Signalformgestaltung: Der Fachmann erkennt, dass eine sehr große Zahl von Signalformgestaltungen möglich sind, und eine Erörterung der verschiedenen Techniken (einschließlich Spreizspektrum-, Codemultiplex-Vielfachzugriff- und Frequenzsprung-Signalformen) überschreitet den Rahmen dieses Dokuments. Der Betrieb der Erfindung lässt sich am besten veranschaulichen durch Betrachtung der in Fig. 5 dargebotenen Signalformen, wenn man sich voll vergegenwärtigt, dass viele andere Signalformen möglich sind. Während des Abfrage-Intervalls **50**, welches eine Dauer von 5600 ns hat, sendet die RPU eine 5-Mbit/s-PPM-Abfragesignalform, deren Diagramm der Amplitudenhüllkurve gegen die Zeit **51** in Fig. 5 gezeigt ist. Die Abfrage besteht aus einer Folge von HF-Pulsen mit einer Dauer von entweder 100 ns oder 200 ns, einer Mittenfrequenz von 5760 MHz und einem Leistungspegel von +1,3 dBm (1,35 mW). Ein Blockdiagramm des Schaltungsteils zur Erzeugung der gewünschten Abfragesignalform ist in Fig. 9 gezeigt, wobei das Ausgangssignal des 5760-MHz-Oszillators **908** durch einen Schalter **910** zu einem Dämpfungsglied **912** geleitet wird, das den Abfragepegel einstellt. Der PPM-Teil der Abfragesignalform **51** wird während des Abfrage-Intervalls **50** erzeugt, wenn serielle binäre Daten vom Abfragedatenregister **942** bewirken, dass ein Schalter **914** ein- und ausschaltet. Die resultierende HF-Signalform wird gefiltert **916**, mittels eines Schalters **918** zu einem Zirkulator **906** geleitet und durch einen weiteren Schalter **902** zu einer ausgewählten Antenne **900** gesendet. Während des Abfrage-Intervalls **50** wird vom Ohrstück kein Signal gesendet. Während des Antwort-Intervalls **52** sendet der RPU-Interrogator einen einzelnen unmodulierten HF-Puls mit 550 ns Dauer, einer Mittenfrequenz von 5760 MHz und einem Leistungspegel von +16,8 dBm (48 mW). Dieser Puls wird erzeugt, wenn das Ausgangssignal des 5760-MHz-Oszillators **908** durch einen Schalter **910** (während des Antwort-Intervalls vom DSP **948** über das Steuersignal **972** in die entgegengesetzte Position wie die in Fig. 9 gezeigte gestellt), den Stromteiler **920**, einen weiteren Schalter **918** (während des Antwort-Intervalls vom DSP **948** über das Steuersignal **974** in die entgegengesetzte Position wie die in Fig. 9 gezeigte gestellt), den Zirkulator **906** und den Antennenwahlschalter **902** zur ausgewählten Antenne **900** geleitet wird. Jeder Zeitschlitz, definiert als die Dauer eines einzelnen Abfrage/Antwort-Zyklus, ist 6150 ns. Während des Antwort-Intervalls **52** sendet das Ohrstück eine 20-Mbit/s-DPSK-Antwortsignalform, deren Diagramm der Amplitudenhüllkurve gegen die Zeit **53** in Fig. 5 gezeigt ist. Die Antwort besteht aus einem einzelnen HF-Puls mit 550 ns Dauer mit möglichen Phasenumkehrungen in 50-ns-Intervallen, einer Mittenfrequenz von 5820 MHz und einem Leistungspegel von ungefähr –37 dBm (0,0002 mW). Für ein einohriges System (eine RPU und ein Ohrstück) findet ein Abfrage/Antwort-Zyklus einmal alle 80 Mikrosekunden statt (12,5 KHz Wiederholungsfrequenz). Für ein beidohriges System (eine RPU und zwei Ohrstücke) finden zwei Abfrage/Antwort-Zyklen (einer für jedes Ohrstück) innerhalb jedes 80-Mikrosekunden-Intervalls statt, bei durchschnittlich einem Abfrage/Antwort-Zyklus alle 40 Mikrosekunden (25 KHz durchschnittliche Wiederholungsfrequenz). Für Einfachheit der Gestaltung ist in dieser Beschreibung der Erfindung jedes Timing mit der 60-MHz-ZF verknüpft. Speziell haben drei Perioden einer 60-MHz-Signalform eine Gesamtdauer von 50 ns, und Vielfache der 50-ns-Intervalle werden beim Timing sowohl der PPM- als auch der DPSK-Daten verwendet. Die durchschnittliche Wiederholungsperiode ist 1600 × 50 ns = 80 Mikrosekunden. Die Abfragemittenfrequenz ist 60 MHz × 96 = 5760 MHz, und die Antwortmittenfrequenz ist 60 MHz × 97 = 5820 MHz. Hat man daher einen einzelnen Oszillator mit einer geeigneten Frequenz (z. B. 1 MHz), so kann man alle anderen benötigten Systemfrequenzen durch geeignete Frequenzteilung (z. B. 25 KHz ist 1 MHz geteilt durch 40) oder Frequenzmultiplikation (z. B. 60 MHz ist 1 MHz multipliziert mit 60) erzeugen.

[0041] Abfragedatenformat: Die Abfrage **51** beginnt mit einer dem ersten Puls vorangehenden 100 ns langen "Lücke" oder einem Schutzintervall, während dessen keine HF-Sendungen stattfinden. Die Lücke stellt sicher, dass die voreilende Kante des ersten Abfragepulses klar erfasst werden kann und gewährt einem vorangehenden Antwortpuls von irgendeinem nahe gelegenen System angemessene Zeit, auf einen nicht erfassbaren Pegel abzufallen. Der erste Abfragepuls hat eine Dauer von 100 ns, und ihm folgt ein 300 ns langes Intervall, während dessen keine HF-Sendung stattfindet. Dies bildet eine eindeutige Pulssequenz aus, die in der Technik als Synchronpuls bekannt ist, welcher für PPM-Synchronisationszwecke verwendet wird. Die übrigen PPM-Datenpulse finden innerhalb von regelmäßigen, gleichförmigen 200-ns-Bit-Intervallen statt. Wenn der Datenbitwert eine logische "1" ist, wird ein HF-Puls in den ersten 100 ns, aber nicht den letzten 100 ns des Bit-Intervalls gesendet. Ähnlich, wenn der Datenbitwert eine logische "0" ist, wird ein HF-Puls in den letzten

100 ns des Bit-Intervalls, aber nicht in den letzten ersten 100 ns des Bit-Intervalls gesendet. Das erste Datenbit, mit L/R bezeichnet, gibt an, ob ein linkes oder rechtes Ohrstück adressiert ist. Wenn das L/R-Bit eine logische "1" ist, ist ein linkes Ohrstück adressiert, und ein rechtes Ohrstück ist adressiert, wenn das L/R-Bit eine logische "0" ist. Man beachte, dass ein rechtes (linkes) Ohrstück bei Erkennung einer an ein linkes (rechtes) Ohrstück gerichteten Abfrage die Verarbeitung sofort beendet und dann nach einem weiteren Synchronpuls zu suchen beginnt. Wie in Fig. 8 gezeigt, findet die Verarbeitung von Bits im Abfragedatenregister **820** zum Beispiel in der Ohrstück-ASIC **845** statt. Das L/R-Bit zuerst in den Datenstrom zu setzen, erlaubt es 50% aller Ohrstücke innerhalb der Reichweite eines gegebenen Interrogators, die Verarbeitung der Abfrage bei der frühest möglichen Gelegenheit zu beenden. Dem L/R-Bit folgt eine 15-Bit-Adresse, für die das höchstwertigste Bit zuerst gesendet wird. Die Ohrstück-ASIC **845** decodiert das L/R-Bit und außerdem die Adresse, und bei Erkennung einer Fehlanpassung mit seinem bzw. seiner internen vorher zugeordneten L/R-Bit oder Adresse (welche im Vorgabeparameterspeicher **870** gespeichert sind) beendet sie die Verarbeitung bei der frühest möglichen Gelegenheit. Die 15-Bit-Adresse entspricht dem Geburtstag des Benutzers und "Jahr modulo 89", um eine relativ gleichförmige Verteilung von Adresscodes über die allgemeine Bevölkerung zu erhalten. Eine Adresse, in der alle Bits Nullen oder Einsen sind, ist nicht erlaubt, da eine Bedingung alles Nullen oder Einsen häufig einen Systemfehler anzeigt. Ein am 20.

[0042] Juli 1969 gebohrener Benutzer erhält eine Adresse eins, ein am 21. Juli 1969 gebohrener Benutzer erhält eine Adresse zwei, und so weiter für insgesamt 32.508 Tage (ungefähr 89 Jahre), wann die Sequenz nochmals beginnt. Da die fünfzehn Adressbits die Darstellung von 32.768 verschiedenen Zahlen erlauben, können die 258 sonst unbenutzten Adresscodes für Spezialfunktionen wie z. B. "Rundfunk"-Betriebsart-Abfragen von Fixstandort-HF-Sendern zur Lieferung von speziellen Informationsdiensten an den Behinderten reserviert werden. Man beachte, dass die reservierten Codes auch in einer Prozedur (später in diesem Abschnitt beschrieben) verwendet werden können, die drahtlose Lokalisierung von verlegten Systemkomponenten erlaubt, wie z. B. Cochlea-Implantat-Elektrodentreibereinheiten, welche unter normalen Betriebsbedingungen möglicherweise kein Signal senden. Das hier beschriebene Adressierschema gewährleistet zwar keinen totalen Datenschutz, die Kombination aus einer 15-Bit-Adresse und kurzer Kommunikationsreichweite macht das System aber vertraulicher als die meisten schnurlosen Telefone, die eine 8-Bit-Adresse verwenden (siehe 47 CFR Ch. 1, Para. 15.214). Man beachte, dass die Adresse vom Benutzer geändert werden kann, wenn gewünscht, und zwar mittels einer später in diesem Abschnitt beschriebenen Prozedur, die einen der reservierten Adresscodes einbezieht. Der 15-Bit-Adresse folgt ein 8-Bit-Tondatenfeld, für welches das höchstwertigste Bit zuerst gesendet wird. Die Tondaten sind eine kompandierte (komprimierte/expandierte) 8-Bit-Abtastung, die einen Wert einer bei der früher beschriebenen 12,5-KHz-Wiederholungsfrequenz abgetasteten Tonsignalform repräsentiert, was in einer effektiven Tondatenrate von 100 Kbit/s zwischen der RPU und jedem Ohrstück resultiert. Der Fachmann erkennt, dass viele andere Tonsignalform-Datenformate möglich sind, die von den 4,8-Kbit/s-Codererregungs-Linearprädiktions(CELP)-Techniken des Federal Standard 1016 bis zu dem 2,1168 Mbit/s-Format reichen, das bei Ton-Compact-Disk(CD)-Spielern gewöhnlich verwendet wird. Das für diese Beschreibung der voll ausgestatteten bevorzugten Ausführungsform verwendete 100-Kbit/s-Datenformat erlaubt die Verwendung eines einfachen Datencodiermethode, die auf alle Arten von Schall anwendbar ist, einschließlich Sprache und Musik. Anders als Systeme, die kompliziertere Schaltungsteile verwenden, um niedrigere Datenraten zu erzielen, erlaubt Kompandieren die Verwendung eines einfachen Codierers und Decodierers im Ohrstück (siehe die Erörterung von Augenblicks-Kompandieren in "Digital Processing of Speech Signals" von L. R. Rabiner und R. W. Schafer, Prentice-Hall, Inc., 1978). Die kompandierten 8-Bit-Tondaten liefern typischerweise das wahrnehmungsmäßige Äquivalent zu gleichförmiger 11-Bit-Quantisierung. Systemdetails sind in Fig. 8 gezeigt, worin ein Mikrofon **875** mit einem 8-Bit-Komprimier-Analog-Digital(A/D)-Wandler **880** verbunden ist, und die resultierende digitale Abtastung wird in eine ASIC **845** eingegeben, die zur Steuerung der Ohrstück-Funktionen verwendet wird. Die ASIC **845** ersetzt im Wesentlichen die Datenabtastung im Antwortdatenregister **825**. Ähnlich liest die ASIC **845** Daten aus dem Abfragedatenregister **820** aus und überträgt die Abtastungen zu einem 8-Bit-Expandier-Digital-Analog(D/A)-Wandler **850**, der mit dem Ohrstück-Lautsprecher **855** verbunden ist. Die 12,5-KHz-Wiederholungsfrequenz erlaubt getreue Wiedergabe aller Tonfrequenzkomponenten unter 6 KHz, während ein zusätzliches Schutzband von 250 Hz (d. h. 4%) für Antialiasing-Filter (in die A/D- und D/A-Wandler **880** und **850** eingebaut) bereitstellt. Man beachte, dass gelegentliche Datenfehler typischerweise nicht von menschlichen Hörsystem erfassbar sind, so dass keine Fehlerkorrektor oder Rücksendung von Tondaten erforderlich ist. Dem 8-Bit-Tondatenfeld der Abfrage folgt ein 1-Bit-Zusatzdatenfeld für kritische Nicht-Ton-Daten mit niedriger Rate. Zusatzdatenbitwerte von vielen aufeinander folgenden Abfragen werden in einem internen Register der Ohrstück-ASIC **845** zusammengebaut, um eine Mitteilung von irgendeiner gewünschten Länge (d. h. irgendeiner vernünftigen Zahl von Bits) zu bilden, und solche Mitteilungen können vom Ohr-

stück-Transponder (unter der Steuerung der ASIC **845**) zum RPU-Interrogator (und DSP **948**) zurückgemeldet werden, für Verifizierung, falls gewünscht, und Rücksendung, falls notwendig. Informationen wie z. B. Vorgabeeinstellungen für das Ohrstück, wie später beschrieben, werden über die Abfrage-Zusatzverbindung übermittelt. Das Format der Zusatzverbindungsdaten in dieser bestimmten Implementierung der bevorzugten Ausführungsform ist dem für PPM-Datenübertragung verwendeten Pulsformat ähnlich. Speziell beginnt eine Zusatzverbindungsmitteilung, wenn als Folge davon, dass die ASIC **845** die Zusatzbits aus vier aufeinander folgenden Abfragen zusammenbaut, die Synchronisationssequenz "1,0,0,0" empfangen wird. Empfang der Sequenz "1,0" ("0,1 ") durch Zusammenbau der Zusatzbits von den nächsten zwei Abfragen zeigt jeweils eine logische "1" ("0") für das erste Zusatzverbindungsmitteilung-Bit und ähnlich für andere Bits an, bis die nächste Synchronisationssequenz angetroffen wird. Dem Fachmann ist klar, dass man viele Industriestandard-Datenverbindungsprotokolle auf der Zusatzdatenverbindung verwenden kann, doch überschreitet eine Erörterung von solchen Protokollen den Rahmen dieses Dokuments. Nach Sendung des Zusatzbits fügt der Interrogator eine 100-ns-Lücke ein, während der der höhere HF-Leistungsausgangsschaltungsteil für den unmodulierten Puls des Antwort-Intervalls **52** freigegeben ist (d. h., der Schalter **914** ist geöffnet, während die Schalter **910**, **918** und **922** alle in die entgegengesetzte Position wie die in Fig. 9 gezeigte gestellt sind). Die 100-ns-Lücke am Ende des Abfrage-Intervalls **50** erlaubt auch eine Einschaltzeit für den 60-MHz-Oszillator **835** im Ohrstück-Transponder, wie durch die ASIC **845** gesteuert.

[0043] Antwortdatenformat: Die Antwort **53** von einem korrekt adressierten Ohrstück-Transponder beginnt mit einer 50-ns-Sendung für DPSK-Datensynchronisation (DPSK-sync). Speziell, wenn ein Verzögerungs- und Multiplizierdemodulator **934** im RPU-Antwortprozessor verwendet wird, muss die Verzögerungsleitung **936** durch die DPSK-sync-Sendung initialisiert werden, um nachfolgende DPSK-Daten richtig zu decodieren. Die DPSK-sync und nachfolgende Datenbits finden innerhalb von regelmäßigen, gleichförmigen 50-ns-Bit-Intervallen statt. Die in dieser bestimmten Implementierung verwendete DPSK-Datenbit-Codiertechnik ist wie folgt: wenn eine Phasenumkehrung vorangegangen ist, repräsentiert ein Bit-Intervall eine logische "1" (andernfalls repräsentiert das Bit-intervall eine logische "0"). Der DPSK-sync folgt ein 8-Bit-Tondatenfeld, und das höchstwertigste Bit wird zuerst gesendet, um den Einfluss von irgendwelchen Fehlern zu vermindern, die durch störende Pulse verursacht werden. Die 8-Bit-Tondaten werden kompandiert, wie vorher für das Abfragedatenformat beschrieben. Den Tondaten folgt ein Zusatzdatenbit, welches eine ähnliche Form und Funktion wie das früher beschriebene Abfrage-Zusatzdatenbit hat. Informationen wie z. B. der Ohrstück-Batteriespannungspegel werden über die Antwort-Zusatzverbindung übermittelt. Zum Beispiel kann die Spannung der Ohrstück-Batterie **860** mittels eines 4-Bit-A/D-Wandlers **865** abgetastet werden, und die resultierende Dateneingabe in die ASIC **845** für Einschluss in die Antwort-Zusatzverbindung umfasst das Zusatzdatenbit in vielen aufeinander folgenden Antworten. Das letzte Bit in jeder Antwort ist ein Paritätsbit, das für Störungserfassung (später beschrieben) verwendet wird, die durch Logik in der Ohrstück-ASIC **845** berechnet wird. Der Wert des Paritätsbits wird unter Verwendung aller Ton- und Zusatzdatenbits berechnet, die in der Abfrage **51** empfangen werden, und in der Antwort **53** gesendet. Es wird ungerade Parität verwendet, um sicherzustellen, dass mindestens ein Antwortbit den Wert logisch "1" hat, so dass eine Antwort ohne irgendwelche Phasenumkehrungen eine Ohrstück-Fehlfunktion anzeigt. Ein Paritätsfehler tritt auf, wenn das im RPU-DSP **948** erzeugte ungerade Paritätsbit unter Verwendung aller in der Abfrage **51** gesendeten und in der Antwort **53** empfangenen Ton- und Zusatzdatenbits nicht mit dem Paritätsbit der empfangenen Antwort übereinstimmt. Man beachte, dass die hier beschriebenen Abfrage- und Antwortformate von dem Standpunkt her, dass zwar das Äquivalent von 39 Bits für jeden Abfrage/Antwort-Zyklus gesendet wird, aber nur 18 von diesen Bits für die Übertragung von Daten verwendet werden, relativ ineffizient sind. Dem Fachmann ist klar, dass viele effizientere Formate möglich sind. Zum Beispiel könnten die 8-Bit-Tondatenfelder für die Abfrage **51** und Antwort **53** beide verdoppelt werden, um 16-Bit-Tondatenfelder zu erzeugen, wobei jedes Feld zwei 8-Bit-Abtastungen enthält, und die resultierende Abfrage-/Antwortfrequenz könnte halbiert werden (während die Tonabtastfrequenz konstant bei 12,5 KHz gehalten wird). Die hier verwendeten Formate sind jedoch für Veranschaulichungszwecke und führen zu einer einfachen Implementierung der voll ausgestatteten bevorzugten Ausführungsform.

[0044] HF-Sendungs-Leistungsbeschränkungen: Die hier beschriebene voll ausgestattete bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist für zulassungsfreien Betrieb unter 47 CFR Ch. 1, Para. 15.249, gestaltet. Wie früher erörtert, darf die vom System abgestrahlte HF-Leistung 0,75 mW im Mittel und 75 mW in der Spitze nicht übersteigen. Die vom Ohrstück-Transponder abgestrahlte Leistung, typischerweise 0,2 Mikrowatt in dieser Version der voll ausgestatteten bevorzugten Ausführungsform, ist vernachlässigbar. Die 48-mW-Spitze-RPU-Sendeleistung liegt gut unter der 75-mW-Grenze. Man beachte, dass eine sinusförmige Signalform mit einer Spitze-zu-Spitze-Spannung von 4,5 V, die quer über eine 50-Ohm-Last angelegt wird, 50 mW zerstreut, so dass für den Interrogator geeignete Batterien (z. B. 9 V) weit und breit erhältlich sind. Für ungünstigsten

beidohrigen Betrieb sendet die RPU im Durchschnitt alle 0,04 ms eine Abfrage. Die zulässige Energie in jedem Abfrage/Antwort-Zyklus ist daher 0,75 mW × 0,04 ms = 0,03 Mikrojoule. Die tatsächlich von der RPU gesendete HF-Energie ist 26 × 0,0001 ms × 1,35 mW = 0,00338 Mikrojoule während des Abfrage-Intervalls und 0,00055 ms × 48 mW = 0,0264 Mikrojoule während des Antwort-Intervalls, bei insgesamt 0,02978 Mikrojoule in jedem Abfrage/Antwort-Zyklus (was weniger als die zulässige Grenze von 0,03 Mikrojoule ist). Die durchschnittliche RPU-Sendeleistung im ungünstigsten Fall ist daher (0,02978 Mikrojoule)/(0,04 ms) = 0,7445 mW, was unter der 0,75-Durchschnitts-Leistungsgrenze liegt. Gemäß dem ANSI/IEEE Standard C95.1-1991 ist die maximale erlaubte Bestrahlung mit 6-GHz-HF-Strahlung gleich 4 mW pro Quadratzentimeter, gemittelt über fünfzehn Minuten, und Bestrahlung der Augen und Hoden ist zu vermeiden. Die Bestrahlung von dem hier beschriebenen System fällt weit unter die erlaubte Grenze, wenn man Standard-Gestaltungspraktiken folgt, die in der Technik bekannt sind. Die Bestrahlung fällt auch weit unter den 1-mW-pro-Quadratzentimeter-Pegel, welcher auf unbestimmte Zeit für sicher erachtet wird (siehe den Abschnitt Microwave Radiation Hazards in "Reference Data for Radio Engineers").

[0045] HF-Verbindungsleistungshaushalt: Unter Verwendung der früher angegebenen Formeln ist der Freiraumwegverlust für die 5760-MHz-Abfrage über eine Distanz von 0,6 Meter (zwei Feet) ungefähr 43 dB. Da der an der RPU gesendete Abfrageleistungspegel +1,3 dBm ist, ist der am Ohrstück-Transponder empfangene Abfrageleistungspegel ungefähr +1,3 dBm – 43 dB = –41,7 dBm. Um unter allen möglichen physischen Gestaltungen eine zuverlässige Verbindung zu gewährleisten, sind mehrere RPU-Dipolantennen in unterschiedlichen Orientierungen mit Diversitätsumschaltung wünschenswert (d. h., wie in Fig. 9 gezeigt, die Antenne **900**, welche am besten mit dem Ohrstück kommuniziert, wird unter der Steuerung des DSP **948** durch einen Schalter **902** ausgewählt). Zirkularpolarisations-Antennentechniken können sich ebenfalls als nützlich erweisen, je nach der Orientierung des Ohrstücks relativ zur RPU (z. B., Tragen der RPU an einem Gürtel nahe am Nabel statt in einer Tasche). Siehe die Erörterung von Zirkularpolarisation in "The ARRL Handbook for the Radio Amateur" wegen Details. Solche in der Technik bekannte RPU-Antennen-Betrachtungen sind notwendig, um sicherzustellen, dass der Verbindungsverlust akzeptable Pegel nicht übersteigt, und es ist höchst wünschenswert, die von der RPU abgestrahlte HF-Energie in Richtung auf das Ohrstück und im maximal möglichen Maße vom Körper des Benutzers weg zu lenken. Ein Abfragepegel von –42 dBm für die am Ohrstück-Transponder empfangenen PPM-Pulse ist mehr als angemessen, um die Transponder-Detektordiode (Diode **43** in Fig. 4) zu betreiben, welche eine typische tangentiale Empfindlichkeit von –54 dBm hat, was einen 12-d6-SNR (Rauschabstand) für die Abfrage ergibt. Während Antworten wirkt die Detektordiode **43** als ein Mischer unter Verwendung von Ein/Aus-Modulation. Man kann zeigen, dass Ein/Aus-Modulation einen Umwandlungsverlust von weniger als 10 dB verursacht, d. h., die gewünschte Ausgangssignalspannung ist um einen Faktor von ungefähr 3,14 kleiner als die Eingangssignalspannung (siehe die Funktion/Produkt-Beziehungsformeln zur Verwendung in der Trigonometrie und die Fourier-Entwicklung für eine Rechteckwelle in "CRC Standard Mathematical Tables" wegen Ableitungen). Dieser Verlust ist zwar wesentlich größer als der 7-dB-Umwandlungsverlust, der typischerweise mit Doppelbalancemischern verknüpft ist, die hier verwendete Ein-Dioden-Methode ist aber zu Betrieb unter Verwendung von sehr niedrigen Leistungsansteuerpegeln im Stande (anders als gemeinhin erhältliche Doppelbalancemischer). Da die RPU während des Antwort-Intervalls einen Pegel des unmodulierten Trägerpulses von –16,8 dBm sendet, ist der Antwort-Sende-HF-Leistungspegel am Transponder ungefähr –16.8 dBm – 43 dB – 10 dB = –36,2 dBm bei 5820 MHz. Der Freiraumwegverlust für die Antwort vom Ohrstück-Transponder an die RPU ist derselbe wie für die Abfrage, d. h. 34 dB. Der resultierende an der RPU empfangene Antwortpegel ist –36,2 dBm – 43 dB = –79,2 dBm. Der minimale erfassbare Antwortpegel an der RPU wird durch thermisches Systemrauschen bestimmt, ausgedrückt als P = kTBF, worin P die Rauschleistung in Watt ist, k die Boltzmann-Konstante ist (1,38E-23 Joule/K), T die Systemrauschtemperatur ist (angenommen als Raumtemperatur oder 290 K), B die Antwortsignalbandbreite ist (angenommen als 30E+6 Hz aus Fig. 3) und F die Rauschzahl ist (siehe die Erörterung der Rauschgrundlagen in "Phaselock Techniques" von F. M. Gardner, John Wiley & Sons, 1979, oder das Kapitel space communication in "Reference Data for Radio Engineers" wegen Details). Moderne rauscharme Komponenten, die für 6-GHz-Betrieb erhältlich sind, z. B. die früher erwähnte HP ATF-36077, haben Rauschzahlen, die der Zahl Eins nahe kommen (F = 1 oder 0 dB). Das resultierende Systemrauschen ist P = 1,2E-13 W oder –99 dBm, was einen 20-d6-SNR für die Antwort ergibt. Man beachte, dass der SNR für Antworten so gewählt wird, dass er größer als jener für Abfragen ist, da für die hier beschriebene Implementierung irgendein in den Verbindungsweg eingeführter Verlust eine stärkere Wirkung auf Antworten als auf Abfragen hat. Zum Beispiel, wenn der Wegverlust um 8 dB größer wird, wird der SNR für die Abfrageverbindung um 8 dB (von 12 dB auf 4 dB) vermindert, während der SNR für die Antwortverbindung um 16 dB (von 20 dB auf 4 dB) abnimmt.

[0046] Gegenseitige HF-Störung: Bei der hier beschriebenen Implementierung der voll ausgestatteten Ausführungsform findet im Durchschnitt einmal alle

80 Mikrosekunden ein einzelner Abfrage/Antwort-Zyklus zwischen der RPU und jedem Ohrstück statt. Da jeder Abfrage/Antwort-Zyklus eine Dauer von 6150 ns hat, stehen so viel wie dreizehn nicht überlappende Zeitschlitze für Zeitmultiplex zur Verfügung, um gegenseitige HF-Störung zwischen eng benachbarten Benutzern zu verhindern. Da jeder beidohrige Benutzer zwei Zeitschlitze benötigt (einen für jedes Ohrstück) ist das hier beschriebene System mehr als angemessen für sechs beidohrige Benutzer in enger Nachbarschaft. Abfragen von einer RPU eines anderen Benutzers stören Abfragen von der eigenen RPU eines Benutzers im Allgemeinen nicht, wenn die maximalen Pulspegel von den RPUs anderer Benutzer mindestens 6 dB unterhalb von allen Pulspegeln von der eigenen RPU des Benutzers liegen. Zum Beispiel, wenn die eigene RPU des Benutzers PPM-Abfragepulse mit einem Pegel von –42 dBm an der Detektordiode des Ohrstück-Transponders des Benutzers erzeugt, dann verhindern Pulspegel von –48 dBm an derselben Detektordiode, die durch Sendungen von einer anderen RPU in einiger Distanz verursacht werden, im Allgemeinen nicht den richtigen Betrieb aufgrund von PPM-Synchronisationserkennungsfehlern, noch verursachen sie PPM-Datenfehler. Daher stören Pulse mit –16,8 dBm (48 mW) von einer mehr als 7,3 Meter (24 Feet) entfernt liegenden RPU, für welche der Freiraumwegverlust 65 dB ist, das System eines Benutzers im Allgemeinen nicht, da die an der Detektordiode gemessenen resultierenden Pulspegel 16,8 dBm – 66 dB = –48,2 dBm sind. Es folgt, dass ähnliche Einheiten, die mit mehr als 7,3 Meter (24 Feet) Abstand arbeiten, durch die Verwendung von Zeitmultiplex keine gegenseitige Synchronisation erfordern. Man beachte, dass zwei ähnliche Einheiten, die Zeitmultiplex verwenden und mehr als 1,2 Meter (4,3 Feet) beabstandet sind, denselben Zeitschlitz mit überlappenden PPM- und DPSK-Pulsen gemeinsam verwenden können, da der Freiraumwegverlust 50 dB in dem Abstand und –1,3 dBm (1,35 mW) – 50 dB = –48,7 dBm ist.

[0047] Ungünstigste Störungsgeometrie: Menschenmengen und Zuschauerraumgestühl stellen aufgrund von Körper- und Sitzabschirmwirkungen keine ungünstigste Störungsgeometrie dar. Auch beidohrige Benutzer, die in einem Kreis stehen, stellen aufgrund von Kopfabschirmwirkungen und Zunahme des Kreisdurchmessers, wenn mehr Benutzer hinzukommen, keine ungünstigste Störungsgeometrie dar. Der ungünstigste bekannte Fall, in der Vogelperspektiv-Ansicht von Fig. 6 gezeigt, tritt ein für einen Lehrer **60**, wenn sieben Studenten **61** bis **67** in einem Schulter-an-Schulter-Halbkreis vor dem Lehrer stehen. Für Analysezwecke nehme man an, dass der Lehrer und alle Studenten beidohrige Benutzer mit einer nahe am Nabel liegenden RPU sind. Die Ohrmuscheln (äußerer Ohrknorpel) des Lehrers bieten Abschirmung vor irgendwelchen Studenten, die möglicherweise hinter dem Lehrer stehen. Sieben Studenten mit jeweils 0,46 Meter (1,5 Feet) Schulterbreite können 0,86 Meter (2,8 Feet) vom Lehrer entfernt stehen. Mehr Studenten hinzuzufügen, vergrößert ihre radiale Distanz vom Lehrer und vermindert gegenseitige Störung. Man beachte, dass, da in Fig. 6 acht beidohrige Benutzer gezeigt sind, insgesamt sechzehn Zeitschlitze erforderlich wären, wobei es nicht möglich ist, die vom System bereitgestellten dreizehn verfügbaren Zeitschlitze gemeinsam zu benutzen. Da viele der Benutzer um mehr als 1,2 Meter (4,3 Feet) getrennt sind, könnten solche Benutzer (z. B. die Studenten **61** und **67**) denselben Zeitschlitz gemeinsam benutzen, wie früher beschrieben, obwohl so eine Möglichkeit hier nicht berücksichtigt wird. Es gibt viele Lösungen (d. h. nicht störende Zeitschlitz-Zuteilungen), wobei einige weniger als zehn Zeitschlitze für die in Fig. 6 gezeigte Geometrie benötigen. Als ein einfaches Beispiel betrachte man eine Lösung, bei der nur Kopfabschirmung verwendet wird, um mehreren RPUs die Fähigkeit zu verleihen, einen einzelnen Zeitschlitz gemeinsam zu benutzen, und alle dreizehn Zeitschlitze verwendet werden. In Fig. 6 wird eine durchgezogene Linie verwendet, um einen direkten Sichtverbindungsweg zwischen einem Ohrstück und einer RPU darzustellen, während eine gestrichelte Linie einen nicht störenden Weg mit hohem Verlust aufgrund von Kopfabschirmung darstellt. Das linke Ohr eines Benutzers ist mit dem Buchstaben "L" bezeichnet, während das rechte Ohr eines Benutzers mit dem Buchstaben "R" bezeichnet ist. Fig. 6 zeigt einen Fall, in dem das linke (rechte) Ohr des Lehrers **60** den Zeitschlitz #1 (#2) verwendet, das linke (rechte) Ohr des Studenten **67** den Zeitschlitz #3 (#4) verwendet, das linke Ohr des Studenten **61** den Zeitschlitz #5 verwendet, das rechte Ohr des Studenten **62** den Zeitschlitz #6 verwendet, das linke Ohr des Studenten **63** den Zeitschlitz #7 verwendet, das rechte Ohr des Studenten **64** den Zeitschlitz #8 verwendet, das linke Ohr des Studenten **65** den Zeitschlitz #9 verwendet, das rechte Ohr des Studenten **66** den Zeitschlitz #10 verwendet, der Zeitschlitz #11 vom rechten Ohr des Studenten **61** und vom linken Ohr des Stundenten **62** gemeinsam verwendet wird, der Zeitschlitz #12 vom rechten Ohr des Studenten **63** und vom linken Ohr des Stundenten **64** gemeinsam verwendet wird und der Zeitschlitz #13 vom rechten Ohr des Studenten **65** und vom linken Ohr des Stundenten **66** gemeinsam verwendet wird. Man beachte, dass die numerischen Zuteilungen der Zeitschlitze willkürlich sind. Da viele ähnliche Lösungen möglich sind, ist die Zeit, die alle Einheiten benötigen, um eine annehmbare Dauerbetriebs-Lösung zu erreichen, minimal ist. Wenn sich die Benutzer umher bewegen, passen sich ihre Hörhilfesysteme automatisch an, indem sie unter Verwendung der früher beschriebenen Zeitbereichs-Multiplextechnik neue annehmbare Dauerbetriebs-Lösungen finden. Diese Analyse zeigt an, dass eine große Zahl von Benutzern ähnliche Vorrichtungen in enger Nachbarschaft ohne unterbrechende gegenseitige Störung

verwenden können.

[0048] RPU-Formfaktor: Die entfernte Prozessoreinheit kann mannigfache Formfaktoren haben, von denen ein paar hier beschrieben werden. Die RPU kann als Armbanduhr oder anderes unauffälliges Stück Schmuck getragen werden, in einer Tasche oder einer Börse getragen werden oder an einem Gürtel über oder unter der Kleidung getragen werden. Wenn manuelle Befehligung von RPU-Funktionen (z. B. Steuerung von Parametereinstellungen oder Dateneingabe) gewünscht ist, kann eine am RPU-Gehäuse angebrachte oder darin eingebaute Tastatur verwendet werden. Die Tastatur kann einen voll miniaturisierten alphanumerischen Tastenblock enthalten oder kann aus ein paar einfachen Steuerungen mit sehr großen Druckknöpfen für Benutzer mit eingeschränkter Fingerfertigkeit bestehen. Falls gewünscht, kann die Tastatur verdeckt betätigt werden, während sie sich zum Beispiel in der Tasche eines Benutzers befindet. Ein möglicher interessanter Formfaktor ist in Fig. 7 gezeigt, worin das RPU-Gehäuse **70** eine PCMCIA (Personal Computer Memory Card International) Typ III PC-Karte mit den Abmessungen 54 mm (2,13 Inch) breit, 85,6 mm (3,37 Inch) lang und 10,5 mm (0,41 Inch) dick ist. Die Einheit hat eine alphanumerische Flüssigkristallanzeige **71**, ein Paar große Druckknöpfe **72** für schnelle Umwandlungs-Dateneingabe über Morse-Code (oder irgendeinen anderen Code, für den ein Benutzer Dateneingabe durchführt, indem er in einem sequentiellen Muster Druck auf eine oder mehrere RPU-Tasten ausübt) und einen voll miniaturisierten alphanumerischen Druckknopf-Tastenblock. Morse-Code-Dateneingaberaten reichen von fünf Worten pro Minute (Anfänger) bis fünfzig Worten pro Minute (Experte), und der Benutzer sendet nur Morse-Code (was im Allgemeinen leichter als Empfangen ist). Siehe "The ARRL Handbook for the Radio Amateur" für eine Beschreibung von Morse-Code, elektronischen Tastgeräten und automatischen Empfang von Morse-Code mittels Computern. Um die alphanumerische Tastatur zu bedienen, drückt ein Benutzer die gewünschte Zeichentaste, gefolgt von der LFT- oder RHT-Taste, wie verlangt. Zum Beispiel wird der Buchstabe "A" eingegeben, indem die ABC-Taste **73** gedrückt wird, der Buchstabe "B" auf der Anzeige **71** erscheinen gelassen wird, gefolgt von der LFT-Taste **74**, was den Buchstaben "B" auf der Anzeige in den Buchstaben "A" ändert. Zwölf alternative Zeichen (Punkt, Komma usw.) sind auf das Gehäuse **70** gedruckt, einer über jeder Zeichentaste (die alternativen Zeichen sind in Fig. 7 nicht gezeigt). Die alternativen Zeichen erscheinen auf der Anzeige, wenn die entsprechende Zeichentaste gedrückt wird und dann die ALT-Taste **75** gedrückt wird. Man beachte, dass kein Zeichnen mehr als zwei Tastendrücke zur Eingabe erfordert. Die Eingabe(ENT)-Taste **76** wird gedrückt, wenn die angezeigte Mitteilung fertig zum Senden vom Benutzer an den RPU-DSP ist, die linken und rechten Pfeiltasten (Taste **77** in Fig. 7) werden zum Bearbeiten von Mitteilungen verwendet, und die Einschalt- und Lösch-Taste (ON/C) und die Ausschalt-Taste (OFF, Taste **78** in Fig. 7) werden verwendet, um den RPU-Strom zu steuern. Wie in Fig. 9 gezeigt, kann ein DSP **948** wie z. B. die integrierte Schaltung Motorola DSP56L002 die Prozessorfähigkeiten bereitstellen, die für Betrieb der Tastatur **946**, Anzeige **954**, Morse-Code-Tasten **956** und anderer vorher beschriebener und später zu beschreibender RPU-Merkmale erforderlich sind.

[0049] Ortung von verlegten Systemkomponenten: Moderne CIC-Hörhilfe-Ohrstücke **10** von dem möglicherweise bei dieser Erfindung verwendeten Typ können kleiner sein als der Kopf eines Wattestäbchens und werden leicht verlegt (wie auch kleine RPUs **16**). Wenn die Zweiweg-Drahtlosverbindung zwischen einem Ohrstück **17** und der RPU **17** für eine gewisse Zeitspanne unterbrochen wird, wie es geschieht, wenn eine RPU verlegt wird, simuliert das Ohrstück automatisch autonomen CIC-Hörhilfebetrieb, und die RPU, die eine Verbindungsunterbrechung erkennt, wie später beschrieben, bewahrt ihre Leistung durch Verminderung ihrer Zahl von Versuchen, mit dem Ohrstück zu kommunizieren. Wenn für eine gewisse Zeitspanne (z. B. 0,1 Sekunden) keine Abfrage von der RPU **16** vom Ohrstück **10** empfangen wird, wie zum Beispiel durch eine nachtriggerbare monostabile Multivibratorschaltung (in der Technik auch als "Ein-Schuss" bekannt) bestimmt, die in der Ohrstück-ASIC **845** implementiert ist, startet die ASIC eine Simulation eines autonomen CIC-Hörhilfe-Ohrstücks. Autonomer Betrieb wird bereitgestellt, wenn die ASIC **845** bewirkt, dass Signale vom Mikrofon **875** über den 8-Bit-Komprimier-A/D **880** über den 8-Bit-Expandier-D/A **850** zum Lautsprecher **885** geleitet werden. Im einfachsten Fall liest die ASIC **845** Daten aus dem ND **880** aus, vollführt eine Multiplikation der Daten mit einer Konstanten (aus dem Vorgabeparameterspeicher **870** ausgelesen), um Verstärkung bereitzustellen, vergleicht das Ergebnis mit maximalen zulässigen Werten (aus dem Vorgabeparameterspeicher **870** ausgelesen) und schreibt das Ergebnis in den D/A **850**. Die ASIC **845** kann auch andere Verarbeitung (z. B. adaptive Lautstärkeregelung) durchführen. Obwohl in der autonomen Betriebsart, welche vorgewählte Hörhilfeparametereinstellungen aus dem Vorgabeparameterspeicher **870** im Ohrstück verwendet, weder der entfernte Prozessor noch Kommunikationsmerkmale zur Verfügung stehen, stellt das Ohrstück einen nützlichen verstärkten Tonweg vom Mikrofon zum Lautsprecher bereit. Wenn sich die Kommunikation zwischen dem Ohrstück und der RPU wieder fortsetzt, wird eine vom RPU-DSP **948** (z. B. unter Verwendung von synthetisierter oder vorgespeicherter digitalisierter Sprache) erzeugte mündliche Mitteilung an das Ohrstück gesendet, um den Benutzer darüber zu informieren, dass die Systemfähigkeiten wiederhergestellt wor-

den sind. Um daher eine verlegte RPU zu lokalisieren, trägt ein Benutzer einfach ein Ohrstück, während er sich umher bewegt und nach der RPU sucht. Wenn eine Mitteilung von der RPU im Ohrstück gehört wird, kann die RPU in der Nähe gefunden werden. Umgekehrt, wenn ein Ohrstück verlegt ist, aktiviert der Benutzer manuell (zum Beispiel unter Verwendung der Tastatur **946**) ein Suchbetriebsart-Programm (d. h. ein Programm des DSP **948**, das auf der Anzeige **954** signalisiert, dass Kommunikation mit einem Ohrstück eingerichtet worden ist) in der RPU und beobachtet die RPU-Anzeige **954**, während er sich umher bewegt und nach dem Ohrstück sucht. Bei Systemen mit mehreren Ohrstücken kann für jedes Ohrstück eine andere Signalisierung auf der Anzeige **954** gegeben werden.

[0050] Autonomer Ohrstückbetrieb: Wenn ein Ohrstück aus irgendeinem Grund nicht mit einer RPU kommunizieren kann, ist im Allgemeinen autonomer Ohrstückbetrieb als eine CIC-Hörhilfe wünschenswert. Beispiele umfassen Anlässe, zu denen die RPU ausgeschaltet werden muss, indem die RPU-Ausschalt-Taste **78** gedrückt wird (z. B. in Situationen, in denen Betrieb von drahtlosen Sendern verboten ist, wie z. B. Flugzeugstarts und klassifizierte militärische Einsatzbesprechungen), Ausfall der RPU-Batterie oder anderer RPU-Elektronik, Verlegen deiner RPU und Störung der primären drahtlosen Verbindung 17. Man beachte, dass ein im Ohrstück **10** angesiedeltes Mikrofon gegenüber einem am Körper getragenen Mikrofon bevorzugt wird, da nur ein Ohrstückmikrofon **12** verwendet werden kann, um die gewünschte Ersatz-CIC-Hörhilfefunktion bereitzustellen (Ohrstückmikrofone liefern auch erstklassige Tonlokalisierungsfähigkeiten, wenn sich das Mikrofon mit dem Kopf des Benutzers bewegt, und liefern gegenüber am Körper getragenen Mikrofonen reduzierte Wind- und Kleidungsgeräusche). Parameter, die den autonomen Ohrstückbetrieb steuern, werden im Ohrstück-CIC-Vorgabeparameterspeicher **870** gespeichert, auf welchen die ASIC **845** zugreift, um die gewünschten autonomen Funktionen zu implementieren, wie früher beschrieben. CIC-Parameter umfassen, ohne darauf beschränkt zu sein, Einstellungen für die nominell und maximal zulässige Ohrstücklautstärke. Andere im Vorgabeparameterspeicher **870** enthaltene Informationen umfassen, ohne darauf beschränkt zu sein, die Kommunikationsadresse und das L/R(Links/Rechts)-Auswahlbit. Um sicherzustellen, dass die Informationen des CIC-Vorgabeparameterspeichers nicht versehentlich geändert werden können, sind Änderungen nur erlaubt, wenn das Ohrstück nicht in Gebrauch ist, zum Beispiel wenn die Ohrstück-Batterie **860** gerade geladen wird. Ein Batterieladedetektor **840**, der für die starken Magnetinduktionsfelder empfindlich ist, die zum Laden der Ohrstück-Batterie gewöhnlich verwendet werden, zeigt der ASIC **845** an, dass die Werte des Vorgabeparameterspeichers **870** bei Empfang eines passenden Befehls von der RPU geändert werden können. Speziell, um Informationen im Ohrstück-CIC-Vorgabeparameterspeicher **870** zu ändern, aktiviert ein Benutzer zuerst das Ladesystem der Ohrstück-Batterie, z. B. durch Setzen des Ohrstücks in ein Nachlade-/Speichermagazin, das in der Technik bekannt ist. Danach wird die RPU-Tastatur **946** verwendet, um einen Befehl in den DSP **948** einzugeben, der den Wunsch des Benutzers anzeigt, Informationen im Vorgabeparameterspeicher **870** zu ändern, gefolgt von den zu speichernden neuen Informationen. Der DSP **948** lässt die RPU eine Abfrage mit einem reservierten Adresscode senden, für den alle gerade geladenen Ohrstücke innerhalb der Kommunikationsreichweite der RPU empfindlich sind. Die Informationen, die schließlich in den Ohrstück-Vorgabeparameterspeicher **870** zu laden sind, werden dann unter Verwendung des Zusatzbit-Feldes von vielen aufeinander folgenden Abfragen von der RPU gesendet, diese Abfragen werden vom Ohrstück empfangen, und die gewünschten Informationen werden unter der Steuerung der ASIC **845** in den Vorgabeparameterspeicher **870** geladen.

[0051] Details des normalen Systembetriebs: Während normalem Betrieb der Hörhilfe mit einem drahtlosen entfernten Prozessor wird Schall aus der äußeren Umgebung von einem Mikrofon **12** im Ohrstück **10** aufgenommen und mit anderen Informationen (z. B. Daten, die die Spannung der Ohrstück-Batterie **860** repräsentieren, wie durch einen A/D-Wandler **865** erhalten und unter der Steuerung der Ohrstück-ASIC **845** im Zusatzbit von vielen aufeinander folgenden Antworten über das Antwortdatenregister **825** gesendet) über eine primäre Zweiweg-Drahtlosverbindung **17** an die RPU **16** gesendet, wo die Tonsignale entsprechend den Bedürfnissen des Benutzers vom RPU-DSP **948** verbessert werden. Die Signalverbesserung wird mittels irgendeiner von einer Anzahl von Techniken erreicht, die in der Technik bekannt sind und die die Fähigkeiten des Universal-RPU-DSP **948** nutzen. Die verbesserten Tonsignale können mit anderen Informationen kombiniert werden (z. B. synthetisierter Sprache, erzeugt im DSP **948**, Warnung, dass die oben erwähnte Ohrstück-Batteriespannung niedrig ist) und von der RPU **16** über die primäre drahtlose Verbindung **17** an das Ohrstück **10** gesendet werden, wo sie von einem Lautsprecher **15** in Schall umgewandelt werden, der nur vom Benutzer **11** gehört werden kann. In der RPU **16** kann ein Zusatzlautsprecher als eine periphere **950** Vorrichtung vorgesehen sein, die es anderen Leuten als dem Benutzer ermöglicht, denselben Schall wie den von Ohrstück-Lautsprecher **15** erzeugten zu hören, falls gewünscht (wie z. B. wenn eine andere Person als der Benutzer die optionalen Zellulartelefonfähigkeiten des Systems nutzen möchte). Eine andere, optionale sekundäre Zweiweg-Drahtlosverbindung (als Teil der RPU in Fig. 9 als sekundärer Drahtlosverbindungs-Schaltungsteil

944 gezeigt oder durch eine drahtgestützte oder andere, z. B. infrarote, drahtlose Verbindung 18 mit der RPU verbunden und als optionaler sekundärer Drahtlosverbindungs-Schaltungsteil **19** in Fig. 1 gezeigt) kann für Kommunikation zwischen der RPU und einem Zellulartelefonsystem oder anderen Informationsquellen verwendet werden. Eine für Umwandlungs-Dateneingabe **72** geeignete RPU-Tastatur oder Spracherkennungsfähigkeiten in der RPU (implementiert z. B. unter Verwendung von irgendeiner von einer Anzahl von Techniken, die in der Technik bekannt sind und die den Universal-RPU-DSP **948** verwenden) können verwendet werden, um Hörhilfeparameter (wie z. B. den vom RPU-DSP **948** eingestellten Verstärkungspegel) und Telefonwählfunktionen (z. B. automatisches Wählen einer vordefinierten Telefonnummer unter Verwendung von im RPU-DSP **948** gespeicherten Informationen) auf eine Weise zu steuern, dass sie für einen zufälligen Beobachter nicht wahrnehmbar gemacht werden können, falls gewünscht.

[0052] Hörhilfe mit beidohriger gerichteter Rauschaufhebung und Hörschutz: Zwei Ohrstücke (eines in jedem Ohr) und eine RPU können in einem Hörhilfesystem mit beidohriger gerichteter Rauschaufhebung und Hörschutzmerkmalen verwendet werden. So ein System stellt simultan mit der Hörhilfefunktion eine Schutzmaßnahme für das Resthörvermögen eines hörbehinderten Benutzers bereit. Man beachte, dass der durch diese Erfindung bereitgestellte Hörschutz gegenwärtig nicht als ein Ersatz für von der OSHA (Occupational Safety and Health Administration) zugelassene Hörschutzvorrichtungen, die für sehr laute Umgebungen erforderlich sind, zertifiziert ist. Die Hörschutzmerkmale dieser Erfindung stehen auch Benutzern ohne Hörbehinderungen und solchen, die eine Hörbehinderung vermeiden möchten, zur Verfügung. Bei Anwendungen wie Hilfen für Gruppen mit hohem Risiko von Hörverlust wie z. B. Feuerwehrleute, Jäger und Fußsoldaten kann das System ebenfalls Hörverbesserung (z. B. Verstärkung) für erstklassige Tonerfassungs- und Richtungsfindefähigkeiten wie auch Hörschutz vor lauten Geräten, an der Schulter abgefeuerte Waffen oder lokaler Artillerie bereitstellen. Das System ist auch fähig zu Tinnitus-Maskierung und Durchführung von aktiver Geräuschaufhebung, um die mentalen Konzentrationsfähigkeiten eines Benutzers unter Verwendung von Techniken, die in der Technik bekannt und im RPU-DSP **948** implementiert sind, potentiell zu verbessern. Die Hörschutzfunktion wird erreicht durch Begrenzung der Amplitude des von Ohrstück erzeugten Tonsignals (so eine Begrenzung findet unter der Steuerung der ASIC **845** in Ohrstück statt) und auch indem das Ohrstück Schallwellen erzeugt, die entgegengesetzt zu Schall in der Umgebung sind, um lauten Schall wirksam aufzuheben (unter Verwendung von Techniken, die in der Technik bekannt und im RPU-DSP **948** implementiert sind). Hintergrundgeräusch- und Konkurrenzsprecheraufhebung werden erreicht unter Verwendung irgendeiner von einer Anzahl von Techniken und Schaltungen, die in der Technik bekannt sind, z. B. Varianten der Technik der kleinsten mittleren Quadrate (LMS), wie der integrierten LMS-Filterschaltung Motorola DSP56200 implementiert, oder die im Universal-RPU-DSP **948** implementierte äquivalente Funktion. Man beachte, dass für alle beidohrigen Signalverarbeitungsfunktionen die in Antworten vom linken Ohrstück enthaltenen Daten (d. h. Tondaten vom linken Ohrstückmikrofon) im RPU-DSP **948** verarbeitet werden, indem diese Daten mit anderen Daten kombiniert werden, die in Antworten vom rechten Ohrstück enthalten sind (d. h. Tondaten vom rechten Ohrstückmikrofon). Die von der RPU zum linken und zum rechten Ohrstück-Lautsprecher gesendeten verarbeiteten Tondaten sind daher eine Funktion der sowohl vom linken als auch vom rechten Ohrstückmikrofon über Ohrstück-Antworten empfangenen Daten.

[0053] Unverlangte Informationen: Die Erfindung stellt dem Benutzer nützliche unverlangte Informationen bereit (d. h. Informationen, die dem Benutzer automatisch vom System bereitgestellt werden, nicht als Folge einer Benutzeranforderung von Informationen), auf eine Weise, dass sie für einen zufälligen Beobachter nicht wahrnehmbar gemacht werden können, falls gewünscht. Informationen über den Status des Hörhilfesystems selbst, wie z. B. eine verbale Warnung, dass die Batteriespannung eines Ohrstücks oder der RPU niedrig ist, werden dem Benutzer bereitgestellt, wie früher im Detail beschrieben. Automatische Messungen der Herzpulszahl, Körpertemperatur und zurückgelegten Laufdistanz können von Sensoren **950** in der RPU **16** oder im Ohrstück **10** vorgenommen und im RPU-DSP **948** gespeichert werden. Sensormessungen können dem Benutzer durch Sprache mitgeteilt werden, die unter Verwendung von irgendeiner von mannigfachen Synthesetechniken, die in der Technik bekannt sind, einschließlich Wiedergabe von voraufgezeichneter digitalisierter Sprache, im RPU-DSP **948** synthetisiert wird. Das im RPU-DSP **948** erzeugte Sprachsignal wird dann den verarbeiteten Tonsignalen hinzugefügt, die schon von der RPU zum Ohrstück gesendet werden. Die RPU kann auch eine lokale Datenbank von Informationen im DSP **948** enthalten, einschließlich einer Tageszeituhr, welche es einem Benutzer erlauben würde, alarmiert zu werden, wenn es Zeit ist, Medikamente zu nehmen, und verbale Anweisungen zu bekommen, was zu tun ist. Ein an der RPU angebrachter Sensor **950** kann den Blutzuckerpegel von diabetischen Benutzern kontinuierlich überwachen, was das System in die Lage versetzt, verbale Ratschläge hinsichtlich Insulin-Injektionen zu geben. Das System kann auch unter Verwendung von im RPU-DSP **948** implementierten Programmen einen Benutzer daran erinnern, zu einem gegebenen Zeitpunkt an einem bestimmten Ort zu sein ("Termin-Er-

innerungen"), und Informationen über den aktuellen Ort (auf Basis von Eingaben von Sensoren **950**) wie auch Anweisungen an Personen wie z. B. Pflegeheimbewohner bereitstellen.

[0054] Verlangte Informationen: Verlangte Informationen werden vom System (z. B. über den Ohrstück-Lautsprecher **15**) als Antwort auf Benutzeranforderungen (z. B. über eine RPU-Tastatur **946**, Morse-Code-Tasten **956** oder Spracherkennungsfähigkeiten, die unter Verwendung der RPU-DSP **948** implementiert sind) auf eine Weise bereitgestellt, dass sie für einen zufälligen Beobachter nicht wahrnehmbar gemacht werden können, falls gewünscht. In dieser Hinsicht wirkt das System als eine Kommunikationshilfe "virtueller Handapparat", die einen konventionellen Telefon-Handapparat in vielen Anwendungen ersetzt (obwohl Benutzer zusätzlich auf die übliche Weise mit einem konventionellen Handapparat oder Freisprecher kommunizieren können). Um die Funktion virtueller Handapparat durchzuführen, ist die RPU **16** mit einem optionalen sekundären Zweiweg-Drahtlosverbindungs-Schaltungsteil **19** ausgerüstet, um mit einem Telefon- oder anderen Kommunikationsnetz zu komminizieren. Die sekundäre drahtlose Verbindung ist von der primären drahtlosen Verbindung **17** zwischen dem Ohrstück **10** und der RPU **16** getrennt und stört diese nicht. In Anwendungen, in denen relativ leistungsstarke Sendungen auf der sekundären Verbindung stattfinden und der Sender der sekundären Verbindung in die RPU integriert ist, kann die RPU von lebenswichtigen Organen entfernt am Handgelenk oder Knöchel eines Benutzers platziert werden, um irgendwelche potentiellen Gesundheitsrisiken relativ zu konventionellen drahtlosen Handapparaten zu reduzieren. Man beachte, dass Sendungen auf der primären Verbindung **17** zwischen dem Ohrstück und der RPU äußerst niedrige Leistungspegel verwenden, von denen nicht bekannt ist, dass sie irgendein Gesundheitsrisiko darstellen (siehe den Abschnitt Microwave Radiation Hazards in "Reference Data for Radio Engineers" und ANSI/IEEE C95.1-1991 wegen spezieller Empfehlungen). Alternativ kann ein getrennter Zellulartelefon-Sendeempfänger, der nicht physisch mit der RPU integriert ist, am Handgelenk oder Knöchel eines Benutzers getragen werden und mit einer RPU in der Tasche des Benutzers (welche wiederum mit einem oder mehreren Ohrstücken kommuniziert) über eine drahtgestützte oder drahtlose Verbindung, wie z. B. in der Verbindung **18** von Fig. 1 gezeigt, kommunizieren. Dem Fachmann ist klar, dass eine beliebige Zahl von solchen Verbindungen verwendet werden kann, um den Betrieb dieser Erfindung zu ergänzen, und man kann Verbindungen verwenden, die viele andere drahtlose Übertragungsmedien (z. B. Infrarot oder Ultraschall) und Frequenzen verwenden, wie auch drahtgestützte Verbindungen.

[0055] Erhalten von verlangten Informationen: Um verlangte Informationen zu erhalten, werden Benutzeranforderungen in mannigfachen Mitteln verarbeitet, die in der Technik bekannt sind, einschließlich Eingaben über einen oder mehrere Druckknöpfe an der RPU und Spracherkennungs-Computerprogramme, die in der RPU-Elektronik implementiert sind. Es kann fast ausschließlich Spracherkennung verwendet werden, falls gewünscht, wodurch nahezu alle RPU-Druckknopf-Steuerungen entfallen können. Sprachbefehle, die von der RPU erkannt werden, können bewirken, dass die RPU Aktionen wie z. B. Änderung von Hörhilfeparametereinstellungen (z. B. Lautstärke) startet oder Anwendungen und Umgebungssteuerungen (z. B. Hilfen für physisch Behinderte) in einem verteilten drahtlosen Netz über die sekundäre drahtlose Verbindung aktiviert. Der RPU-Schaltungsteil kann auch einen Benutzer zum Sprachwählen einer gewünschten Telefonnummer durch Sprechen von bestimmten vordefinierten Befehlen befähigen. Die verbalen Befehle werden als Tonsignale vom Ohrstück **10** empfangen und an die RPU **16** gesendet. Die RPU kann einen preiswerten sprecherabhängigen Spracherkenner für diskrete Äußerung und mit begrenztem Vokabular enthalten, der zur Durchführung von Telefonwählen und anderen einfachen Funktionen wie z. B. Hörhilfeparametersteuerung im Stande ist. Solche Spracherkenner, die eine einzige integrierte Schaltung aufweisen, sind in der Technik bekannt und können dem DSP **948** als Peripheriegerät **950** beigefügt werden. Alternativ kann die Spracherkennungsfunktion mittels des DSP **948** selbst durchgeführt werden. Wenn die richtige verbale Befehlssequenz erkannt wird, stellt die RPU eine geeignete Verbindung mit dem Telefonsystem Ober den sekundären Drahtlosverbindungs-Schaltungsteil **944** her. Eine Telefonkommunikation kann zwischen der RPU und Zellular-, Satelliten- oder anderen festen oder mobilen Ressourcen hergestellt werden. In Notsituationen kann das System automatisch einen geeigneten Notdienst wählen (auf Basis von vorher vom Benutzer im RPU-DSP **948** gespeicherten Informationen) und Sprach- oder digitale Informationen hinsichtlich Ort, aktueller medizinischer Situation (z. B. Herzpulszahl) und Medizinhistoriedaten (im RPU-DSP **948** gespeichert) zusätzlich zu der Bereitstellung von normaler Telefon-Sprachkommunikation über den sekundären Drahtlosverbindungs-Schaltungsteil **944** senden.

[0056] Sensoren und Peripheriegeräte: Viele Sensoren und Peripheriegeräte **950** können sich durch drahtgestützte oder drahtlose Mittel in der RPU befinden oder daran angebracht sein und werden vom Benutzer (über Eingaben in den RPU-DSP **948** durch die Tastatur **946**, Morse-Code-Tasten **956** oder Spracherkennung) gesteuert, um sowohl verlangte als auch unverlangte Informationen zu liefern. Musik kann aus vorgespeicherten Informationen einschließlich Band, Compact-Disk, Diensten über das Telefon über die sekundäre drahtlose Verbindung oder einem

handelsüblichen Rundfunkempfänger erzeugt werden. In Pflegeheimanwendungen können der RPU Benutzer-Ortsinformationen von Sonderzweck-Sendern an bestimmten Orten in bereitgestellt werden. Selbständige vom Benutzer getragene Trägheitsnavigationsbausteine (mit Festkörper-Gyroskopen, Beschleunigungsmessern und einem Kompass) oder ein GPS-Empfänger können ebenfalls verwendet werden. Sensoren für eine Fußsoldat-RPU-Anwendung können viele Typen von Detektoren wie z. B. HF-Detektoren (z. B. Radarerfassungsfähigkeit), Detektoren für nukleare/biologische/chemische Waffen, Infrarot- oder Laserdetektoren und Metalldetektoren umfassen. Geeignete verbale Warnungen oder charakteristische Alarmtöne, die vom RPU-DSP **948** erzeugt werden, werden von der RPU **16** an das Ohrstück **10** gesendet und schließlich als Tonsignale vom Benutzer empfangen.

[0057] Sekundärverbindungsanwendungen: Bei Fußsoldat- oder Feuerwehrmann-Anwendungen kann der sekundäre Drahtlosverbindungs-Schaltungsteil **19** die Fähigkeit haben, direkt auf die RPU anderer Benutzer zuzugreifen oder mit Funk-"Basisstationen" für lokalen Netzwerkbetrieb mit oder ohne Verwendung des allgemeinen Teilnehmertelefonsystems zu kommunizieren. Digitale Sendeempfänger auf den sekundären Verbindungen erlauben es, viele Einheiten in enger Nachbarschaft zu betreiben, und Spreizspektrumtechniken, die in der Technik bekannt sind, können auf allen Verbindungen (primär und sekundär) verwendet werden, falls Datenschutz, Sicherheit, geringe Wahrscheinlichkeit von Signalabfang und Immunität gegen vorsätzliche Störung (Störfunk) gefordert werden. Verbindung mit einer zentralen Bedienungsperson über den sekundären Verbindungsschaltungsteil **19** kann in Situationen wünschenswert sein, die Echtzeit-Sprachübersetzung und Notfallanweisungen erfordern, wie z. B. Feuerbekämpfung oder militärische Operationen von multinationalen Streitkräften. Man beachte, dass es bei Anwendungen wie z. B. Feuerbekämpfung nicht notwendig ist, das Hörhilfesystem vollständig zu verbergen, und dass eine sichtbare RPU-Antenne akzeptabel ist.

[0058] RPU-Computer-Anwendungen: Die Kombination eines Ohrstücks **10** mit einer RPU **16** kann in vielen Fällen an Stelle eines Aktentaschencomputers oder "Personal Digital Assistant" verwendet werden und resultiert in einem praktisch diebstahlsicheren System. Das System erleichtert Text-in-Sprache-Übersetzungen von E-Mail-Mitteilungen und Faxen, wobei Informationen über die sekundäre Verbindung empfangen und vom RPU-DSP **948** verarbeitet werden. Sprachpostmitteilungen und Personenrufdienste bringt man leicht über den sekundären Drahtlosverbindungs-Schaltungsteil **19** im System unter, wobei sowohl digitale Daten als auch Sprachsignale zwischen der RPU und einem Computer an einem entfernten Ort ausgetauscht werden. Der RPU-DSP **948** kann Töne digital erzeugen, so dass ein Sänger, der die Erfindung verwendet, eine gewünschte Tonhöhe erzeugen kann, ohne eine externe Referenz wie z. B. eine Stimmflöte zu benötigen, und die Fähigkeiten der sekundären Verbindung können Dialogführung für Schauspieler und Redner ermöglichen. Wenn eine Verbindung mit einem Computer an einem entfernten Ort für Datenbankzugriff gewünscht wird, kann ein sehr fähiger Spracherkenner mit großem Vokabular an dem entfernten Ort verwendet werden, um ankommende Tonsignale über die sekundäre drahtlose Verbindung zu verarbeiten. Man beachte, dass anders als der RPU-Spracherkenner mit begrenzten Fähigkeiten, welcher möglicherweise nur ein paar verbale Befehle erkennt, ein über eine sekundäre Telefonverbindung zugänglicher Spracherkenner an einem entfernten Ort weder geringen Stromverbrauch haben mus noch tragbar sein muss und viele Benutzer abwickeln kann. Der Erkenner an einem entfernten Ort kann auch Sprechersprache-Identifizierungsfähigkeiten haben (automatische "Sprachabdruck"-Analysen, die in der Technik bekannt sind), um unautorisierten Gebrauch zu verhindern, und solche Fähigkeiten können für manche Anwendungen auch in der RPU wünschenswert sein (und können z. B. im RPU-DSP **948** implementiert werden).

[0059] Tonbetrachtungen zu der sekundären Verbindung: Bei manchen Anwendungen möchte ein Benutzer Signale aus der äußeren Tonumgebung möglicherweise nicht über die sekundäre drahtlose Verbindung senden. In solchen Fällen kann ein Zusatz-Ohrstückmikrofon verwendet werden, welches den "Knochenleitungs"-Weg gegenüber den normalen "Luftweg" zwischen dem Mund des Benutzers und dem Ohr begünstigt. Um Platz zu sparen, kann das Zusatzmikrofon in demselben Miniaturgehäuse wie das primäre Ohrstückmikrofon untergebracht werden. Wenn zwei Ohrstücke verwendet werden, können alternativ unerwünschte Umgebungsquellen durch digitale Signalverarbeitungstechniken, die in der Technik bekannt sind (z. B. das Äquivalent eines Freisprecher-Schaltungsteils) im RPU-DSP **948** "annuliert" werden. Man beachte, dass solche beidohrigen Signalverarbeitungstechniken auch Richtwirkung und Aufhebung von Hintergrundgeräusch für Benutzer mit totalem Hörverlust in einem Ohr und Teilverlust im anderen Ohr bereitstellen können, wie früher in Verbindung mit beidohrigem Hörhilfe-Systembetrieb erörtert.

[0060] Hörtest: Die vorliegende Erfindung erlaubt es, Hörtests über das vom Benutzer normal getragene Ohrstück durchzuführen, ohne zusätzliche teure Testausrüstung zu benötigen. Alle zur Durchführung von Hörtests nötigen Signalverarbeitungsfähigkeiten stehen in dem ein Ohrstück **10** und eine RPU **16** umfassenden Hörsystem zur Verfügung. Speziell kann

der RPU-DSP **948** verwendet werden, um Töne mit variablen Frequenzen und Amplituden zu erzeugen, wie auch andere Signale, die bekanntlich für Hörtestzwecke nützlich sind (z. B. Unsinn-Silben) und die vom Ohrstück in akustische Signale umgewandelt werden. Solche Töne werden zur Durchführung eines Hörtests verwendet, der geeignete Parameter der Verstärkung gegen die Frequenz für ein im RPU-DSP **948** gespeichertes Programm bestimmt, das Signalverbesserung durchführt, um den Hörverlust des Benutzers zu kompensieren. Man beachte, dass das Hörtestprogramm, das den RPU-DSP **948** während des Hörtests steuert, für die Dauer des Tests vorübergehend im RPU-DSP **948** gespeichert werden kann und nach Beendigung des Tests gelöscht werden kann, um Wiederverwendung der Speicherressourcen des RPU-DSP **948** während normalem Betrieb zu erlauben. Das Hörtestprogramm kann über die sekundäre drahtlose Verbindung **944** oder eine drahtgestützte periphere Verbindung **950** in den RPU-DSP **948** geladen werden.

[0061] Cochlea-Implantate: Die früher für die voll ausgestattete bevorzugte Ausführungsform der Hörhilfe mit drahtlosem entfernten Prozessor beschriebenen Merkmale einschließlich, falls gewünscht, Kommunikation über eine sekundäre Verbindung können auch in einem drahtlosen Cochlea-Implantat-System wie in Fig. 10 gezeigt implementiert werden. Tiefgreifend schwerhörigen Cochlea-Implantat-Patienten kann ein drahtloses System mit verbesserter Leistung, verbessertem Aussehen und verbesserter Bewegungsfreiheit verglichen mit vorhandenen drahtverbundenen Systemen zur Verfügung gestellt werden. Cochlea-Implantate sind fast immer einohrige Vorrichtungen, d. h. nur ein Ohr wird für ein Implantat in einem bestimmten Patienten verwendet. Deswegen haben Patienten häufig Mühe, einen Sprecher in Gegenwart von anderen Sprechern oder Hintergrundgeräusch (der in der Technik bekannte "Cocktail-Party-Effekt") zu verstehen. Patienten haben auch Schwierigkeiten, sich auf die Stimmen von unterschiedlichen Sprechern einzustellen, was Konversation auch in Abwesenheit von konkurrierenden Sprechern oder Hintergrundgeräusch schwierig macht. Um diese Probleme zu bekämpfen, wird ein Benutzer **100** mit einem Paar drahtlosen CIC-Hörhilfe-Ohrstücken (links **10'** und rechts **10''**), einer RPU **16** und einer drahtlosen BTE-Implantat-Elektrodentreibereinheit **104** (welche für einen zufälligen Beobachter nicht notwendigerweise wahrnehmbar ist) ausgestattet. Man beachte, dass auch ein System möglich ist, das nur ein Ohrstück verwendet, doch wird hier ein allgemeiner anwendbares System beschrieben, das zwei Ohrstücke verwendet. Die Treibereinheit **104** enthält einen Sendeempfänger-Schaltungsteil ähnlich dem, der im Transponder eines Ohrstücks **10** verwendet wird (siehe Fig. 11), mit den im Folgenden angegebenen Unterschieden, und einen Elektrodentreiber-Schaltungsteil **112**, der im Stand der Technik bekannt ist, zur Ansteuerung der Cochlea-Implantat-Elektroden **113**. Lautsprecher **15** in den linken und rechten Ohrstücken dienen bei der Cochlea-Implantat-Anwendung keinem Zweck, wenn der Benutzer tiefgreifend schwerhörig ist, und können abgeschaltet werden, um Strom zu sparen. Ein Abfrage-HF-Signal durchläuft einen Weg **106** von der RPU **16** zum linken Ohrstück **10'**, und dasselbe Abfrage-HF-Signal durchläuft einen anderen Weg **109** von der RPU zur linken Treibereinheit **104**. Das linke Ohrstück **10'** reagiert auf ein spezielles Adressbitmuster, das in der Abfrage enthalten ist, wie früher erläutert, und die Treibereinheit **104** reagiert ebenfalls auf dieselbe Adresse. Ton- und Zusatzdatenbits in der Abfrage werden simultan vom linken Ohrstück **10'** und von der Treibereinheit **104** empfangen. Das linke Ohrstück **10'** verwendet die empfangenen Abfrage-Datenbits, um ein Paritätsbit für die nachfolgende Antwort zu berechnen, während die Treibereinheit **104** die Abfrage-Tondatenbits zur Ansteuerung der Cochlea-Implantat-Elektroden und das Zusatzbit zur Synchronisation verwendet, wie später beschrieben. Das linke Ohrstück **10'** sendet als Antwort auf eine richtig adressierte Abfrage, wenn diese Abfrage einen L/R(Links/Rechts)-Bitwert von logisch "1" hat, eine Antwort, die über den Weg **105** zur RPU **16** läuft und äußere Ton- und andere Daten (Zusatzbit und Paritätsbit) enthält, doch antwortet die Treibereinheit **104** nicht. Der Schaltungsteil der Treibereinheit **104** unterscheidet sich insofern von dem Schaltungsteil des Ohrstück-Transponders, als die Treibereinheit **104** niemals über den Weg **110** antwortet, außer als Antwort auf Abfragen, die eine spezielle reservierte Adresse haben, die während des Prozesses des im RPU-DSP **948** implementierten Programms zum Lokalisieren einer verlegten Treibereinheit **104** verwendet wird, das die Sprechervariabilität in Bezug auf Lautstärkepegel, mittlere Tonhöhe, Tonhöhenbereich und Klang vermindert. Das resultierende rauschgeminderte und normierte Signal wird dann verarbeitet, z. B. durch ein im RPU-DSP **948** implementiertes Programm, um geeignete Signale zu erzeugen, die nachfolgend die einzelnen Elektroden eines Cochlea-Implantats über den Implantat-Treiber **104** ansteuern. Die Zahl der Elektrodentreibersignale hängt vom Typ des Implantats und auch von der Zahl der funktionellen Elektroden in einem gegebenen Patienten ab. Die geeigneten Signale werden im Tondatenfeld von RPU-Abfragen von der RPU **16** über den Weg **109** zum Implantat-Treiber **104** gesendet. Der Implantat-Treiber **104** empfängt dann Daten im Abfrage-Tondatenfeld und wandelt die Daten in der ASIC **111** in Signale um, die den Elektrodentreibern **112** zugeführt werden, die zur Stimulierung der Cochlea-Implantat-Elektroden **113** durch im Stand der Technik bekannte Mittel verwendet werden. Die mittlere Tondatenrate von der RPU **16** zum Implantat-Treiber **104** ist 200 Kbit/s. Die Datenrate für Cochlea-Implantate im Stand der Technik ist typischerweise 144 Kbit/s (12 Bit/Abtastung bei einer Rate von

2000 Abtastungen für jede von 6 Elektroden), und diese Rate wird von dem hier beschriebenen System leicht unterstützt. Bei dem drahtlosen Cochlea-Implantat-System wird der 200-Kbit/s-Datenstrom von der RPU **16** zum Implantat-Treiber **104** zum Beispiel durch Abfrage-Zusatzverbindungs-Mitteilungen gesteuert, die Informationen bereitstellen, die die ASIC **111** des Implantat-Treibers **104** verwendet, um den empfangenen seriellen Datenstrom in präsentierte Daten zu trennen, z. B. in einer parallelen Form, die zur Verwendung durch die Elektrodentreiber **112** beim Ansteuern der einzelnen Elektroden **113** geeignet sind. Das drahtlose Cochlea-Implantat-System ist mit dem früher beschriebenen drahtlosen Hörhilfesystem kompatibel, und das drahtlose Cochlea-Implantat-System belegt dieselbe Zahl von Abfrage/Antwort-Zeitschlitzen wie ein drahtloses beidohriges Hörhilfesystem.

[0062] Dies vervollständigt die Beschreibung der bevorzugten und alternativen Ausführungsformen der Erfindung. Der Fachmann kann weitere Äquivalente zu den hierin beschriebenen speziellen Ausführungsformen erkennen, welche Äquivalente von den hieran angefügten Patentansprüchen umfasst sein sollen.

Patentansprüche

1. Vorrichtung für drahtlose Kommunikation, mit einem Ohrstück (**10**), das geeignet ist, am Kopf eines Benutzers getragen zu werden, und einer Prozessoreinheit (**16**),
wobei das Ohrstück umfasst:
ein Mikrofon (**12**), das auf Schall aus der Umgebung anspricht, der am Eingang des Mikrofons vorhanden ist, zum Bereitstellen eines Schallsignals,
einen drahtlosen Sendeempfänger (**13**) zum Senden des Schallsignals an die Prozessoreinheit (**16**) zur Verbesserung und zum Empfangen eines verbesserten Schallsignals von der Prozessoreinheit, und
einen Lautsprecher (**15**) zum Umwandeln des von dem Sendeempfänger empfangenen Schallsignals in Schall;
wobei die Prozessoreinheit (**16**) umfasst:
einen drahtlosen Empfänger (**24**) zum Empfangen des Schallsignals von dem Sendeempfänger des Ohrstücks,
einen Signalverbesserer (**26**) zum Verbessern des von dem drahtlosen Empfänger empfangenen Schallsignals, und
einen drahtlosen Sender (**27**) zum Senden des verbesserten Schallsignals an den Sendeempfänger (**13**) des Ohrstücks;
wobei die Vorrichtung **dadurch gekennzeichnet** ist, dass
der drahtlose Sendeempfänger (**13**) eine unmodulierte Trägerwelle (**52**) empfängt, die von der Prozessoreinheit (**16**) gesendet wird, zum Senden des Schallsignals an die Prozessoreinheit durch Senden eines Antwortsignals (**53**) an die Prozessoreinheit,
wobei das Antwortsignal erzeugt wird durch Modulieren der Trägerwelle mit dem Schallsignal, wobei der drahtlose Sendeempfänger einen Modulator (**805**) zum Erzeugen des Antwortsignals durch Modulieren der unmodulierten Trägerwelle von der Prozessoreinheit mit dem Schallsignal enthält; und
die Prozessoreinheit (**16**) weiterhin Mittel (**908**) für Erzeugung der unmodulierten Trägerwelle und einen drahtlosen Sender (**27**) zum Senden der unmodulierten Trägerwelle an den Sendeempfänger des Ohrstücks umfasst.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Prozessoreinheit einen Sekundärdrahtlosverbindungs-Schaltungsteil (**19**) für simultane Kommunikation über eine sekundäre drahtlose Verbindung (**29**) mit einer Schnurlos- oder Zellulartelefon-Basisstation enthält.

3. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 oder 2, wobei der drahtlose Sendeempfänger (**13**) das Schallsignal durch Modulieren der Energie von einem drahtlosen Sender (**27**) sendet und wobei die Prozessoreinheit weiterhin einen drahtlosen Sender (**27**) zum Senden des verbesserten Schallsignals an den Sendeempfänger (**13**) enthält.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Prozessoreinheit (**16**) Mittel (**948**) für Empfang eines Tonbefehls für sprachgesteuerte Programmierung der Prozessoreinheit über das Mikrofon enthält.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Prozessoreinheit das über den drahtlosen Empfänger empfangene Schallsignal von dem Ohrstück in ein verbessertes Schallsignal eines Hörhilfesystems für Rücksendung an das Ohrstück verarbeitet.

6. Vorrichtung nach Anspruch 2, wobei die sekundäre drahtlose Verbindung eine bidirektionale Verbindung für Kopplung mit einem externen Kommunikationsnetz ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Prozessoreinheit Mittel (**948**) für Erzeugung von synthetisierten Sprachmitteilungen enthält, die an den Lautsprecher gesendet werden.

8. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das Ohrstück eine Antenne (**14**) enthält, die als eine simulierte Haarsträhne gestaltet ist, welche auch als Mittel zum Herausziehen des Ohrstücks aus einem Ohrkanal dient.

9. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei der drahtlose Sendeempfänger bei einer Frequenz von mindestens 5 GHz arbeitet.

10. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das Ohrstück und/oder die Prozessoreinheit mehrere Antennen (**900**, **960**, **970**) enthält, um Drahtlosübertragungswegverlusten zwischen dem Ohrstück und der Prozessoreinheit Rechnung zu tragen.

11. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei der drahtlose Sendeempfänger Mittel (**845**) für Bereitstellung einer verstärkten Kopie des Schallsignals für den Lautsprecher bei fehlendem verbesserten Schallsignal enthält, um ein selbständiges Hörhilfe-Ohrstück mit Ersatz-Betriebsart bereitzustellen.

12. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Prozessoreinheit beidohrige gerichtete Rauschaufhebung bereitstellt.

13. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Prozessoreinheit (**16**) weiterhin Mittel (**948**) für Durchführung eines Vor-Ort-Hörtests zum Programmieren des Signalverbesserers (**26**) für Verarbeitung des Schallsignals in das verbesserte Schallsignal enthält.

14. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Prozessoreinheit Mittel für Erzeugung eines Akustiklokalisierer-Tons und/oder einer Sichtlokalisierer-Anzeige (**954**) als Hilfe beim Lokalisieren eines verlegten Ohrstücks enthält.

15. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Prozessoreinheit (**16**) weiterhin Mittel (**908**) für Erzeugung einer unmodulierten Trägerwelle umfasst, die den drahtlosen Sendeempfänger (**13**) über den drahtlosen Sender (**27**) mit Betriebsstrom versorgt.

16. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Prozessoreinheit weiterhin einen Sekundärdrahtlosverbindungs-Schaltungsteil (**19**) für unidirektionale Kommunikation, die Text-in-Sprache-Übersetzung bereitstellt, umfasst.

17. Verfahren für drahtlose Kommunikation, gekennzeichnet durch die Schritte:
Bestrahlen eines Gebiets in einem Nahbereich eines Ohrs einer Person (**11**) mit einem vorgewählten Trägersignal (**52**) aus einer entfernten Quelle (**16**),
Modulieren des vorgewählten Trägersignals mit Umgebungsschall, der in dem Nahbereich vorhanden ist, um einen modulierten Träger (**53**) zu erzeugen,
Zurücksenden des modulierten Trägers an die entfernte Quelle des vorgewählten Trägersignals, und
Verarbeiten des modulierten Trägers, um ein verbessertes Tonsignal für Sendung (**50**) an einen in dem Nahbereich befindlichen Wandler (**15**) zu erzeugen.

18. Verfahren nach Anspruch 17, wobei der Schritt des Modulierens weiterhin den Schritt umfasst:
Einrichten eines getrennt modulierten Kanals für jedes Ohr der Person (**60**).

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1: Systemübersicht

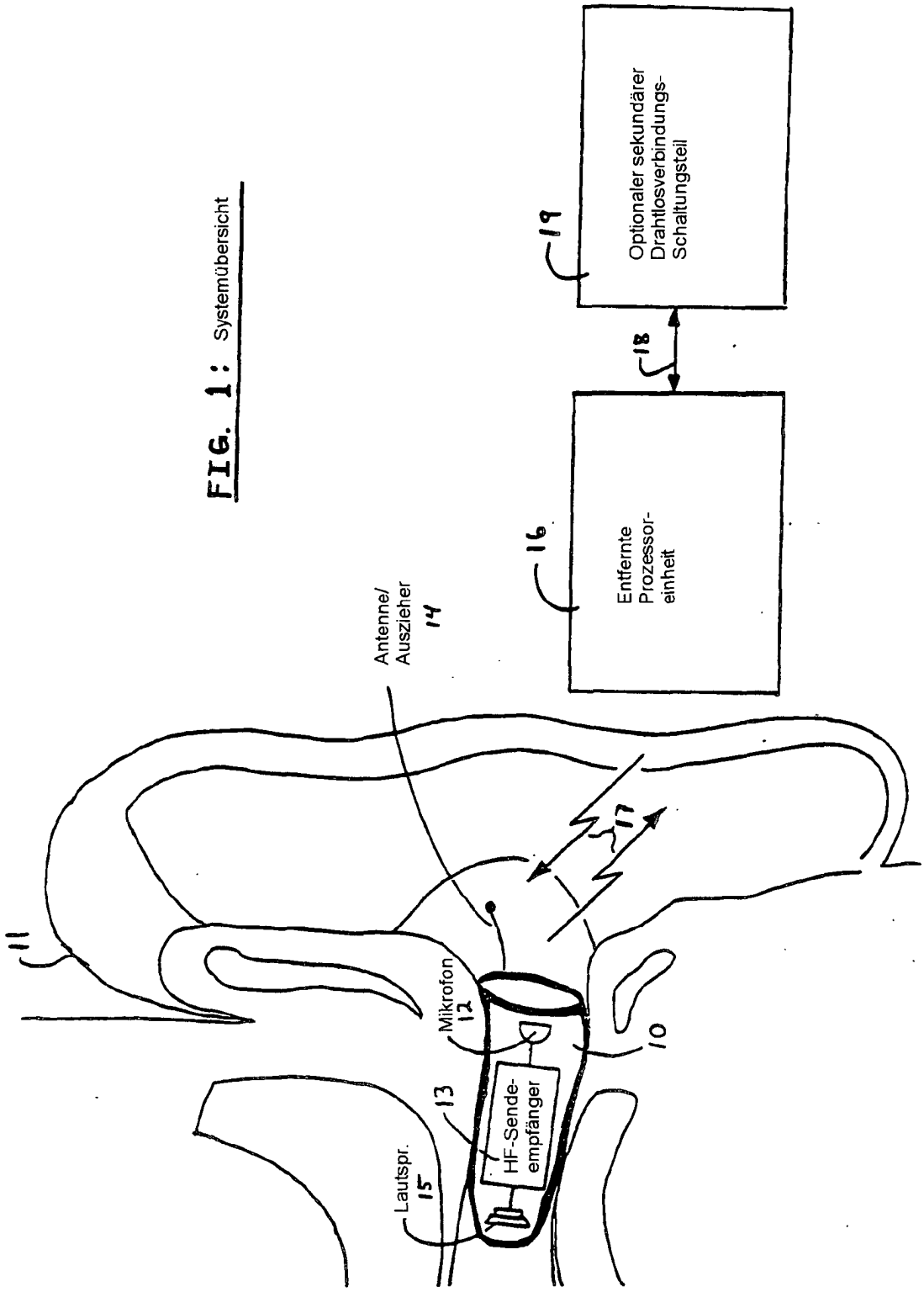
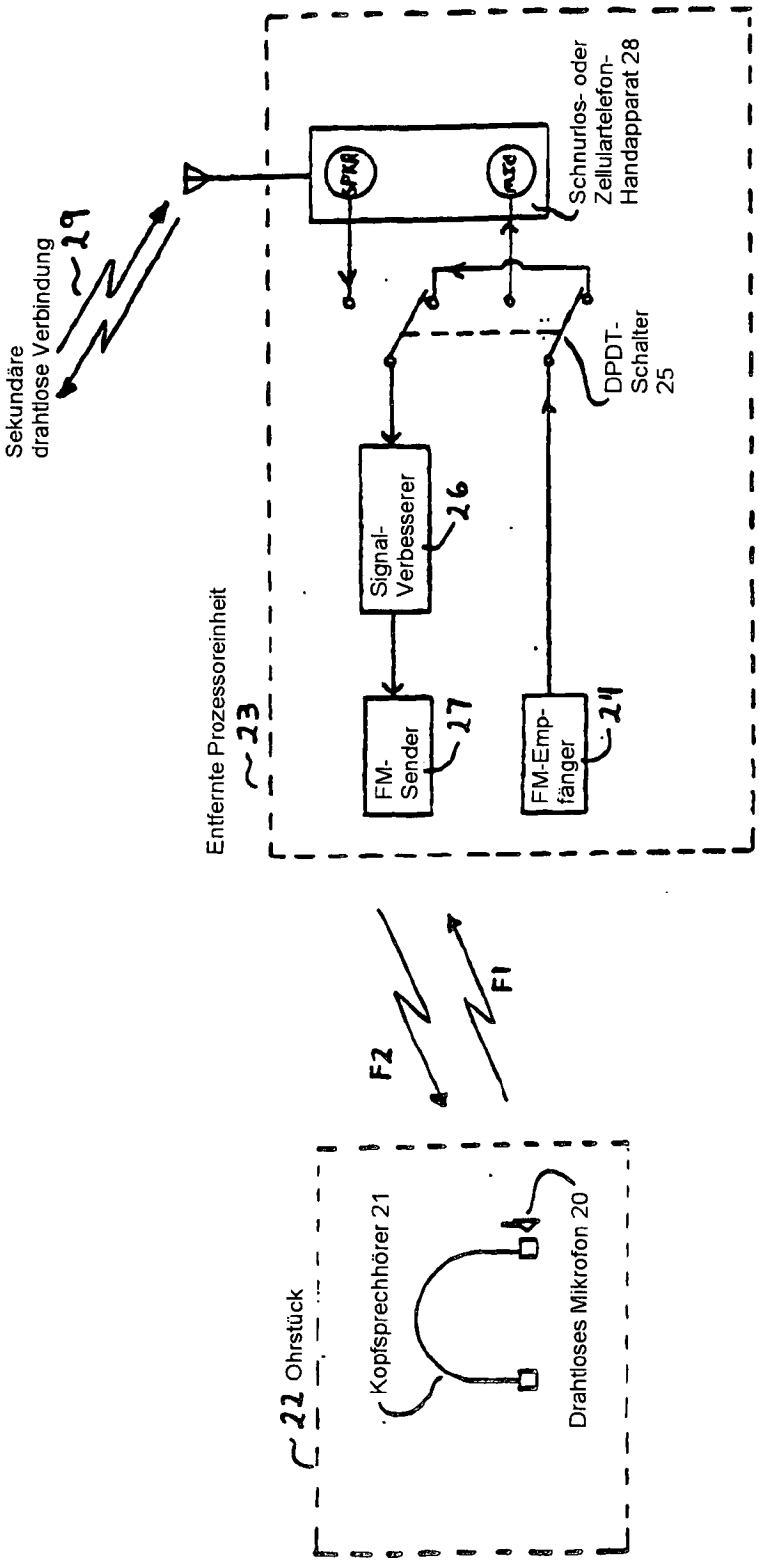


FIG. 2: Begrenzt ausgestattete Ausführungsform



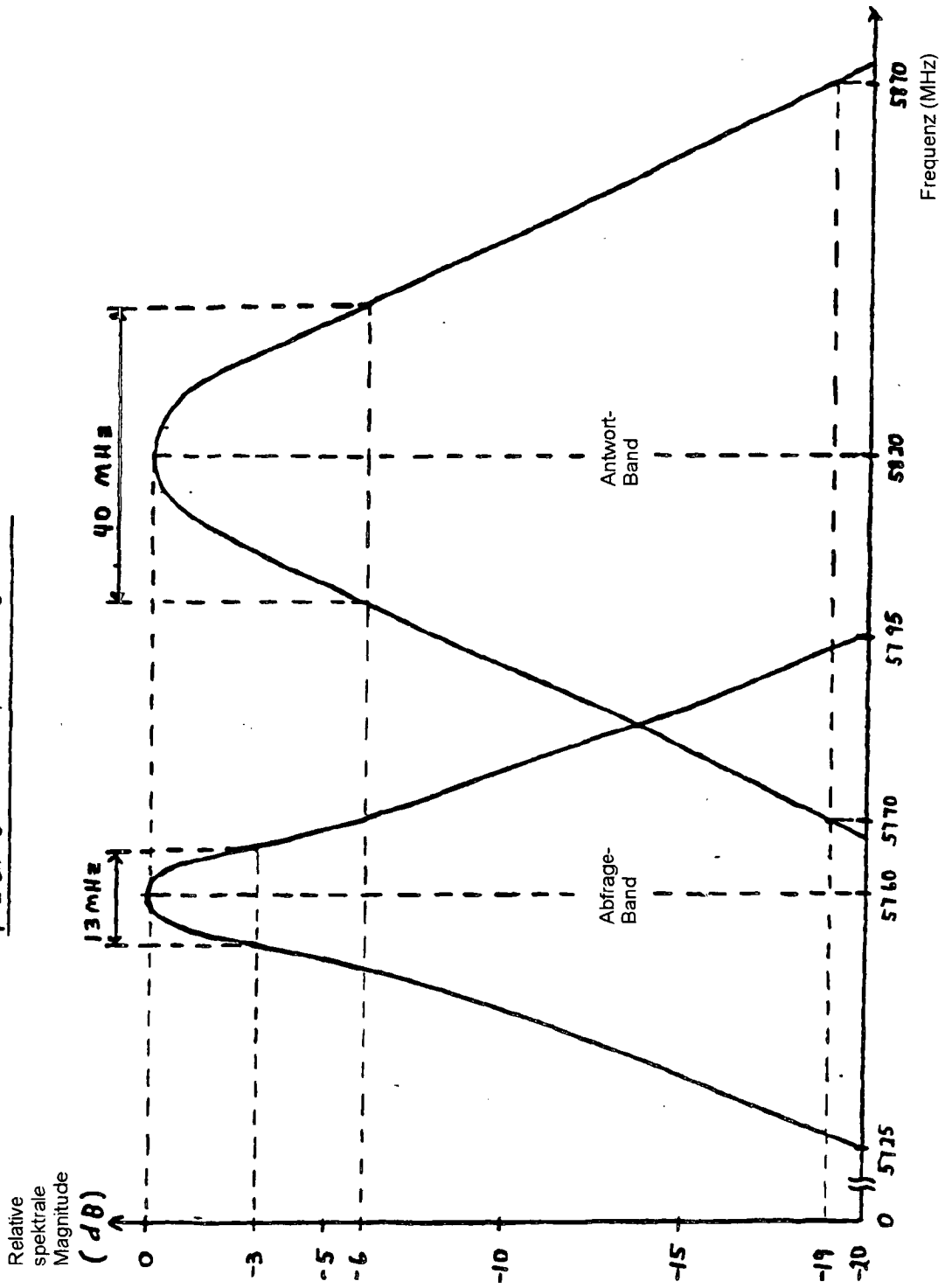


FIG. 3: Relative spektrale Magnitude

FIG. 4: Ohrstück-Transponder-HF-Schaltungsteil

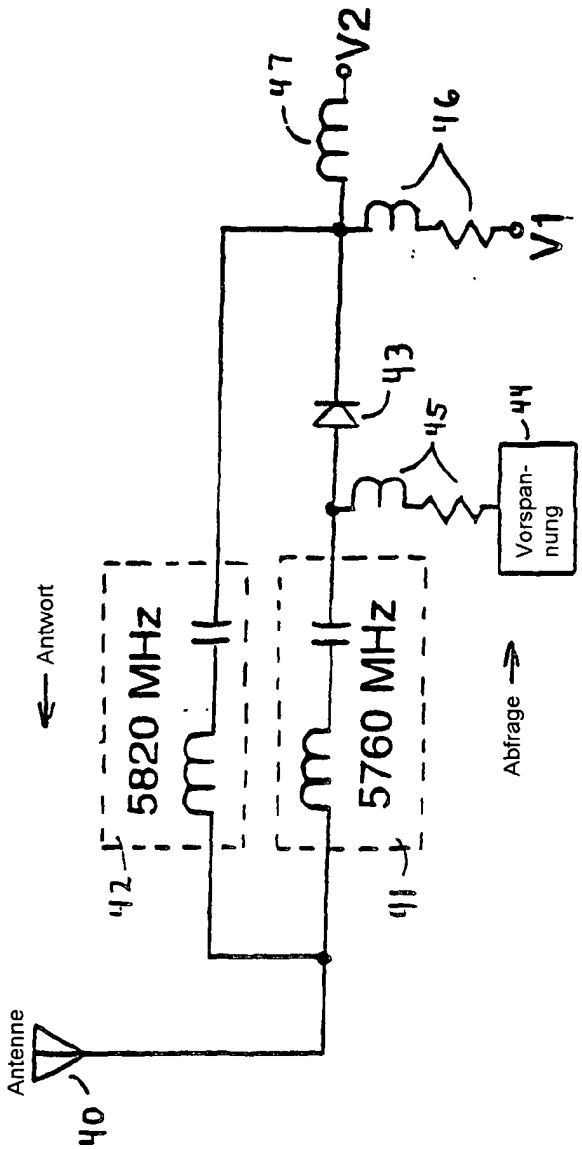
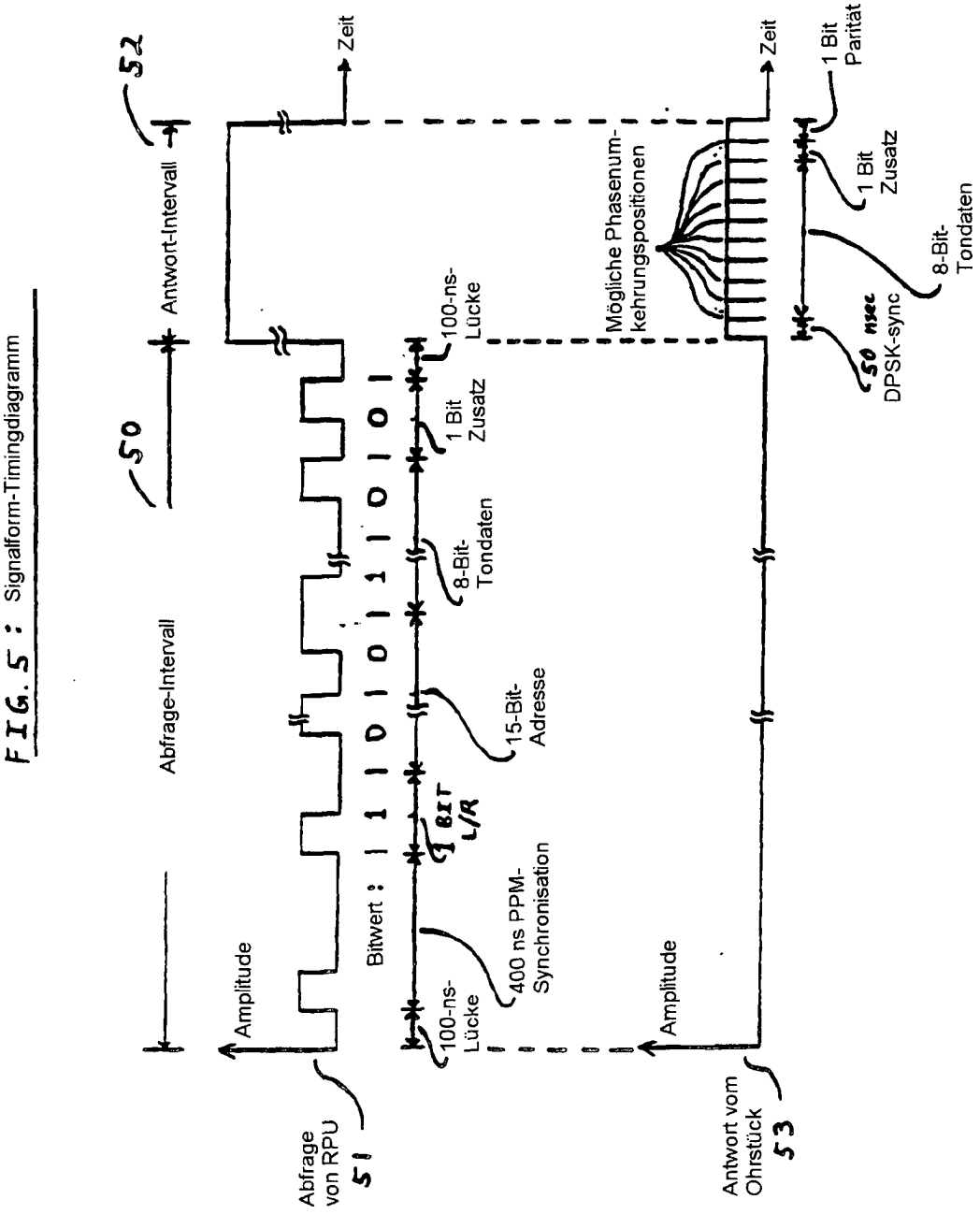


FIG. 5 : Signalform-Timingdiagramm



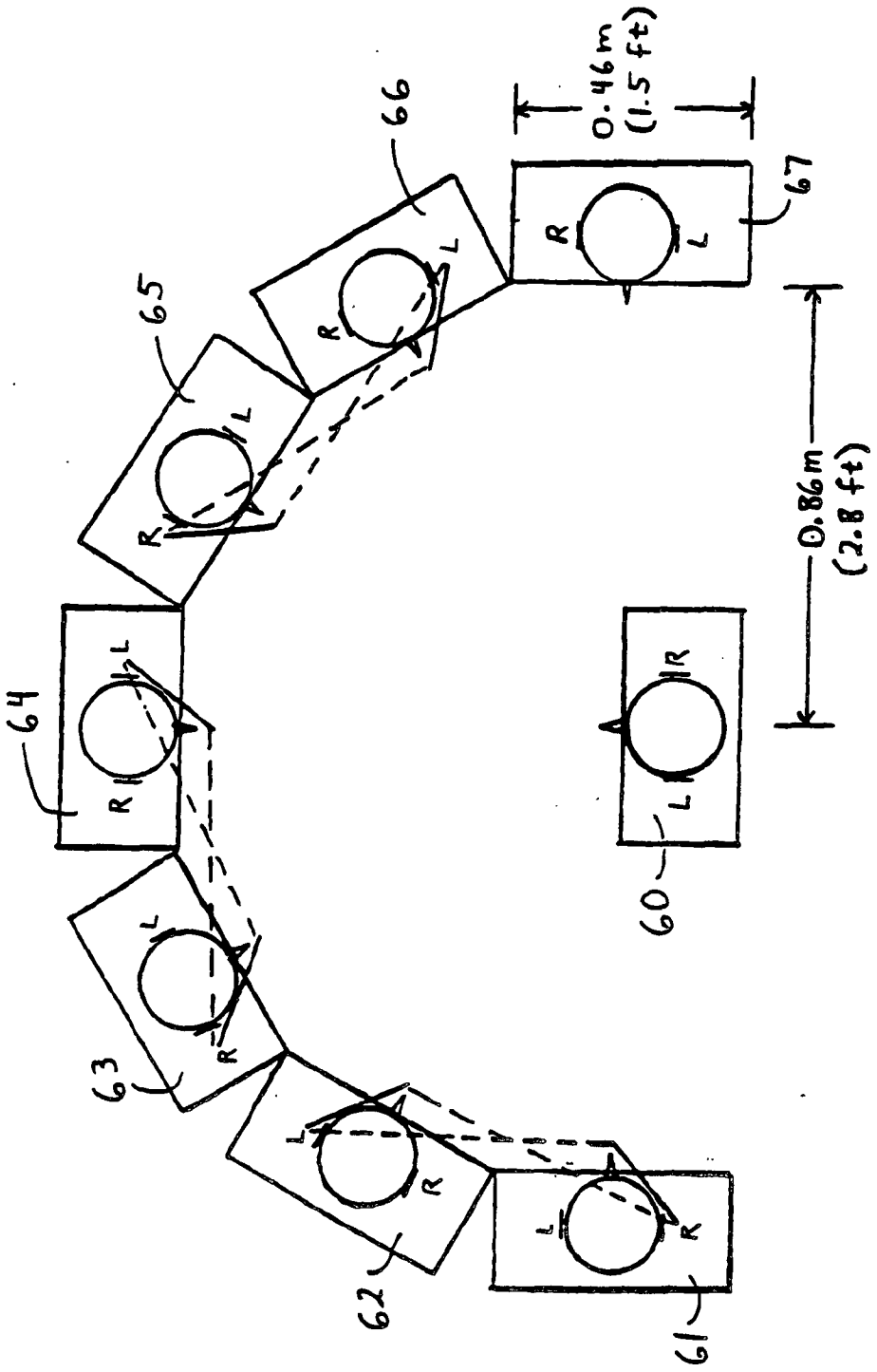


FIG. 6: Geometrie gegenseitiger Störung

FIG. 7: Entfernte Prozessoreinheit

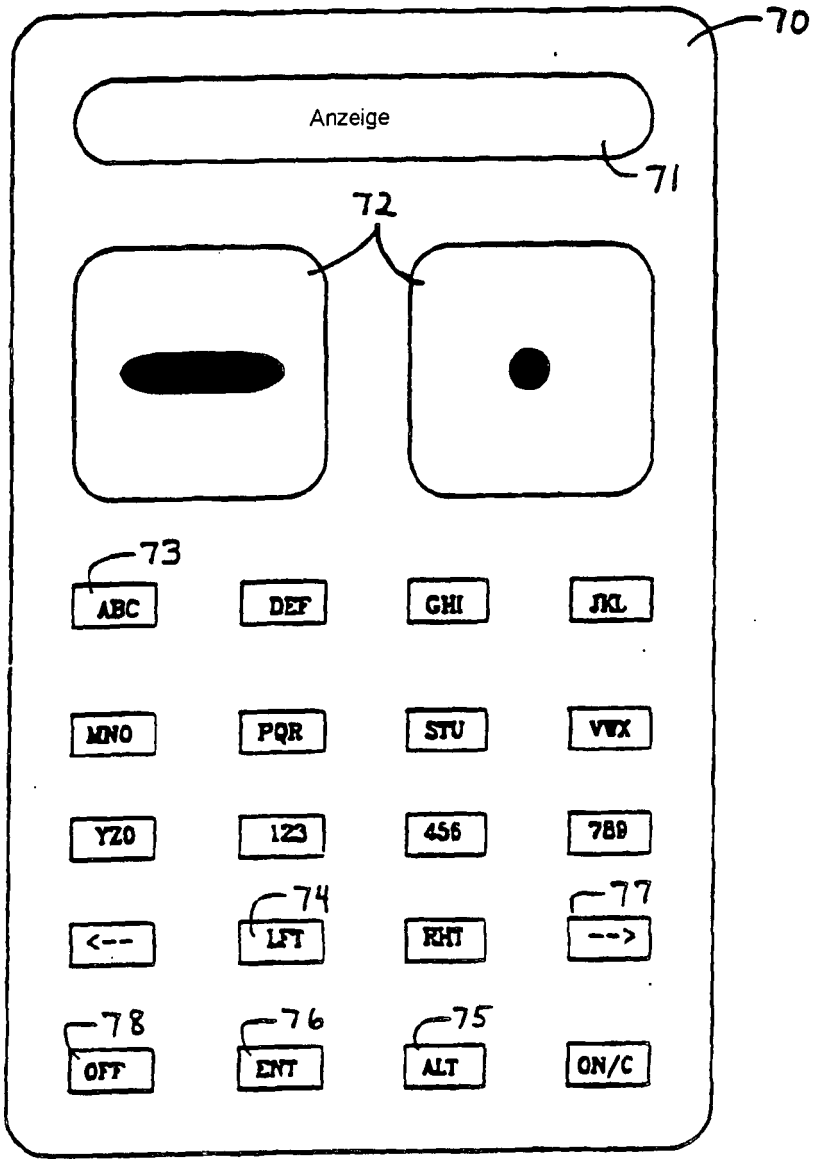


FIG. 8: Ohrstück-Blockdiagramm

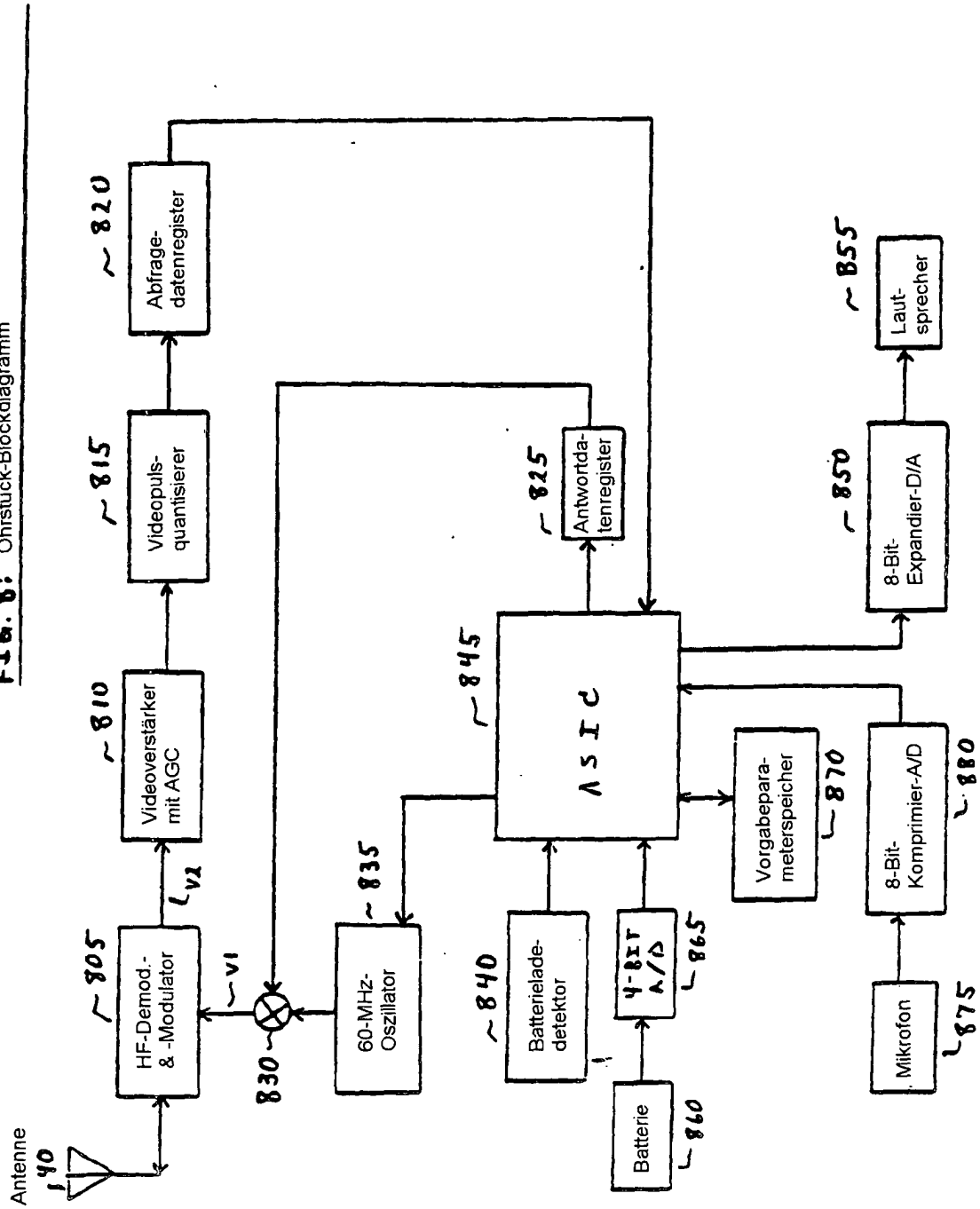


FIG. 9: RPU-Blockdiagramm

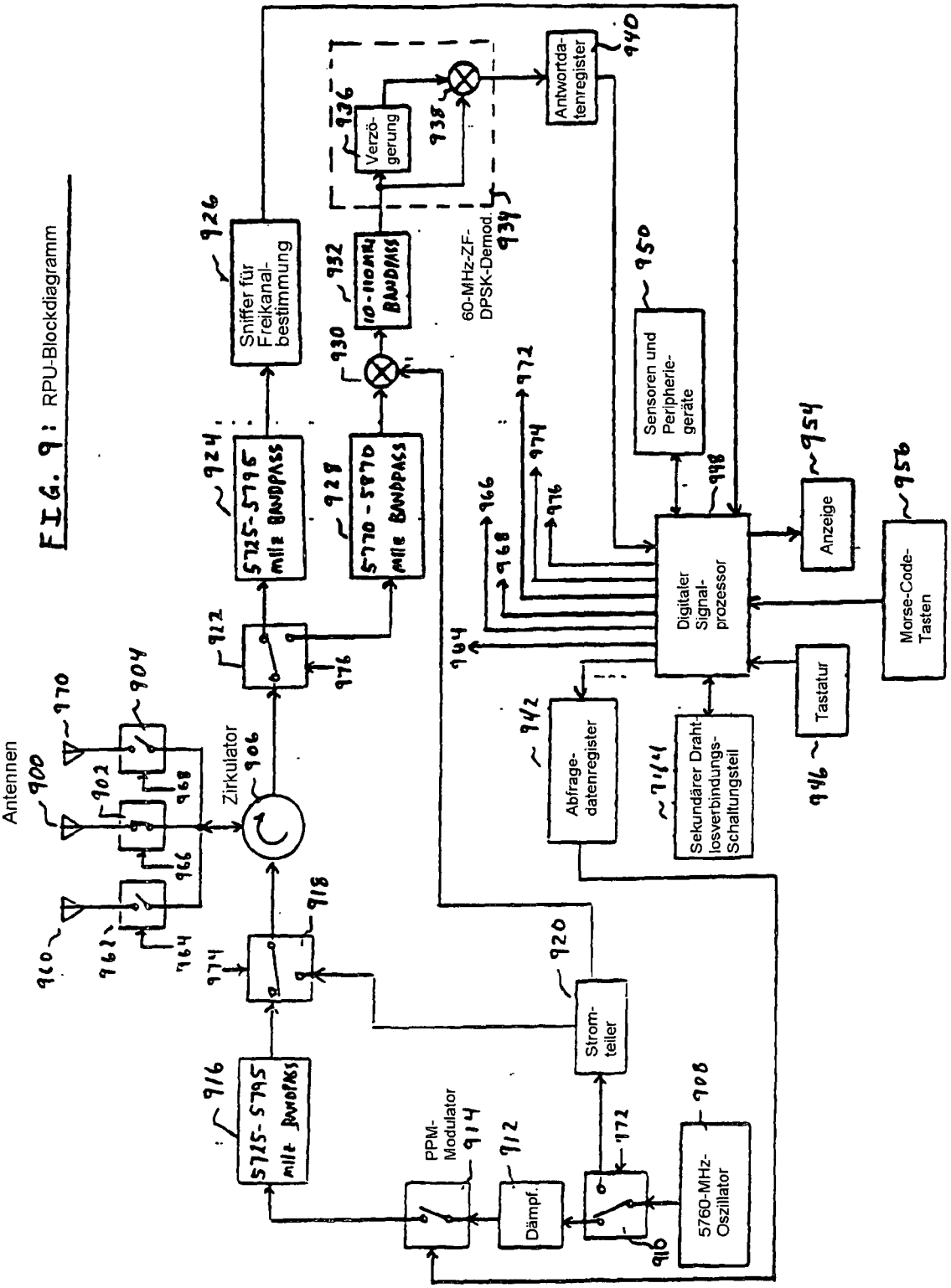


FIG. 10: Drahtloses Cochlea-Implantat

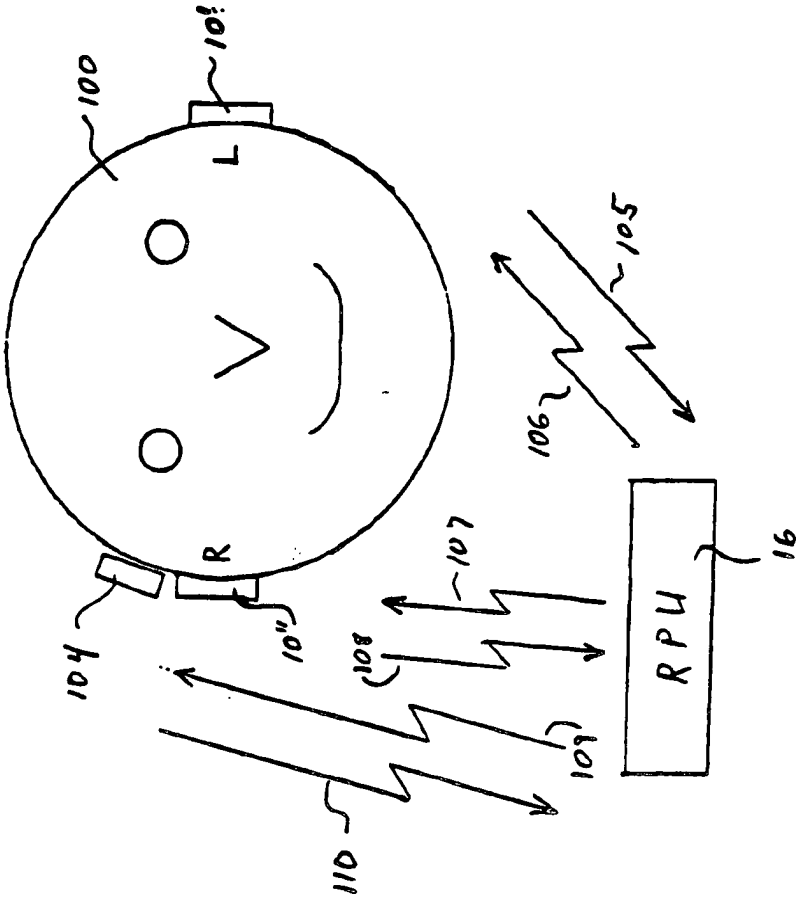


FIG. 11: Blockdiagramm der Treibereinheit

