



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 696 32 052 T2 2004.12.30**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 847 629 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **696 32 052.5**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US96/14088**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **96 932 165.2**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 97/008839**

(86) PCT-Anmeldetag: **30.08.1996**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **06.03.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **17.06.1998**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **31.03.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **30.12.2004**

(51) Int Cl.7: **H04B 1/04**

H04B 1/26, H04B 1/40, G01S 13/74

(30) Unionspriorität:

522050 31.08.1995 US

(73) Patentinhaber:

**Northrop Grumman Corp., Los Angeles, Calif., US;
GEC-Marconi Electronic Systems Corp., Wayne,
N.J., US**

(74) Vertreter:

**Schroeter Lehmann Fischer & Neugebauer, 81479
München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, NL, SE

(72) Erfinder:

**PHILLIPS, C., William, Ellicott City, US;
HILTERBRICK, L., Charles, Adelphi, US; MINARIK,
W., Ronald, Lutherville, US; SCHMIDT, M.,
Kenneth, Ellicott City, US; PASCALE, V., Michael,
Ellicott City MD 21042, US; PRILL, S., Robert,
Allenwood, US**

(54) Bezeichnung: **DIGITAL PROGRAMMIERBARER MULTIFUNKTIONELLER FUNKSYSTEMAUFBAU**

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

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

Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Funksystem, welches einen Empfänger enthalten kann und möglicherweise einen Sender, und welches digital rekonfiguriert werden kann, um über ein breites Funkband und mit unterschiedlichen Signalformaten betrieben zu werden, und insbesondere auf eine Architektur eines Systems, welches dynamisch programmierbare und konfigurierbare Kanäle bereitstellt, wobei die hauptsächlichsten Teile der digitalen und analogen Kanalkomponenten kombiniert sind in den Signalfrequenzumsetzungs- und Wellenformbearbeitungsstufen, um die Flexibilität bei der Rekonfiguration zu erleichtern, und um skalierbar zu sein auf viele verschiedene Typen von integrierten Funksystemanwendungen.

Beschreibung des nächstkommenden Standes der Technik

[0002] In einem Extrem gibt es herkömmliche Kommunikations-, Navigations- und Identifikations-(CNI)-Multifunksysteme, die aus einem unabhängigen und unterschiedlichen Typ von Radiokanal für einen jeden Funkfunktionsstrang bestehen. Im anderen Extrem gibt es bei integrierten programmierbaren Funksystemen eine Kreuzkopplung verschiedener Elemente von mehreren Kanälen, was zu einem hochkomplexen System von eng gekoppelten Ressourcen führt. Beide Zugänge, sowie Mischformen der beiden Zugänge, haben Vorteile wie auch gravierende Nachteile. Zum Beispiel müssen die Systeme mit unabhängigen Kanälen komplette Sicherungssysteme für alle kritischen Systeme aufweisen, wie zum Beispiel Instrumentenlandesysteme. Dies ist sehr kostspielig. Die kreuzgekoppelten Systeme sind sehr schwer zu warten, da die Isolierung eines Fehlers sehr schwierig ist. Diese kreuzgekoppelten Systeme sind auch schwer zu regeln. Das Aufrechterhalten einer sicheren Kanalisolierung ist ebenfalls ein Problem.

[0003] Viele gewerbliche und militärische Anwendungen erfordern Mehrfachkommunikations-, Navigations-, Identifikations-(CNI)- oder Telemetriefunkfrequenz-(RF = radio frequency)-Funktionen sowie weitere Typen von Hochfrequenzsignalfunktionen, um an einem einzigen durchgeführt zu werden, zum Beispiel Luftfahrzeuge, Schiffe, Raumstationen, am Boden bewegliche Fahrzeuge und Personal, ortsfeste Stationen, Kommunikationsnetzknotten von unterschiedlichen Typen u. s. w. verlangen alle Mehrfachfunkfunktionen an einem einzelnen Ort. Deshalb besteht eine Notwendigkeit für eine bessere Unterteilung von Funksystemelementen, welche die Verwendung und Wiederverwendung von identischen gemeinsamen programmierbaren Bauteilen oder Modulen ermöglichen, um die Kosten signifikant zu reduzieren, und andere Nachteile bei Ausführungen nach dem Stand der Technik zu eliminieren.

[0004] Ein Mehrzweck-Digital-Sender/Empfänger ist in EP-A-0 534 255 offenbart. Das Funksystem hat programmierbare gemeinsame Sende- und gemeinsame Empfangsbauteile, Schnittstellenbauteile und Antennen.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0005] Es ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung, ein programmierbares Multifunktionsfunksystem bereitzustellen mit einer Architektur, welche eine maximale Flexibilität bei minimalen Kosten ermöglicht.

[0006] Es ist ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung, ein Funksystem bereitzustellen, welches schnell rekonfiguriert werden kann für viele verschiedene Typen von Funkfunktionen.

[0007] Es ist ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung, ein Funksystem bereitzustellen, welches über einen Frequenzbereich von ungefähr 2 MHz bis 2000 MHz betrieben werden kann.

[0008] Es ist ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung, gemeinsame identische Module bereitzustellen, welche leicht rekonfiguriert werden können, und so eine Reduktion in der Anzahl von Ersatz- oder Sicherungsmodulen zu ermöglichen, welche für ein gegebenes Niveau der Verfügbarkeit des Systems benötigt werden.

[0009] Diese Ziele zusammen mit anderen Zielen und Vorteilen, die sich im Folgenden ergeben, beruhen auf den Einzelheiten des Aufbaus und der Bedienungsweise, wie sie im Folgenden ausführlicher beschrieben und beansprucht werden, wobei Bezug genommen wird auf die beigefügten Figuren, welche einen Teil hiervon darstellen, und worin sich dieselben Bezugszeichen durchgängig auf dieselben Teile beziehen.

KURZE FIGURENBESCHREIBUNG

[0010] Es zeigen:

[0011] Fig. 1 die Bauteile eines einfachen Empfängersystems **100** gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0012] Fig. 2 die Bauteile eines einfachen Sendesystems **200** gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0013] Fig. 3 ein komplexeres Sende- und Empfängersystem **300**;

[0014] Fig. 4 die funktionelle Verarbeitung, die in einem wie in Fig. 3 gezeigten System durchgeführt werden kann;

[0015] Fig. 5 die Einzelheiten eines Antennenschnittstellen- und Leistungsverstärkungsmoduls (AIU = antenna interface and power amplification module) **104/308** in größerem Detail, und wobei nicht alle der gezeigten Elemente für eine jede Art von Kommunikations-, Navigations- und Identifikations-(CNI)-Kanal benötigt werden;

[0016] Fig. 6A und 6B die Bauteile eines Empfängermoduls **106** in größerem Detail;

[0017] Fig. 7A und 7B die Bauteile eines Sendemoduls **204** in größerem Detail;

[0018] Fig. 8 ein Kommunikationssystem, welches die Architektur der vorliegenden Erfindung in einem Kommunikationsaufbau für ein Zivilflugzeug verwendet;

[0019] Fig. 9 ein Beispiel einer Busunterteilung;

[0020] Fig. 10 und 11 Niveaus von Redundanz, die durch die vorliegende Erfindung bereitstellbar sind;

[0021] Fig. 12 einen Einzelkanal-Multifunktions-Kommunikationsempfänger;

[0022] Fig. 13 einen Multifunktions-Navigationsempfänger, der einen einzelnen Kanal verwendet;

[0023] Fig. 14 einen Multifunktions-Kommunikationsempfänger, der einen einzelnen Kanal verwendet;

[0024] Fig. 15 einen Multifunktions-Navigationsempfänger;

[0025] Fig. 16 eine Funkübertragungs-/Transpondereinheit mit oder ohne die Möglichkeit der Informationssicherheit (INFOSEC = information security);

[0026] Fig. 17 einen Identifikationstransponder, welcher Antennendiversität mit der Option der Sicherheit bereitstellt;

[0027] Fig. 18 ein Mehrfachempfangskanal-Transceiversystem;

[0028] Fig. 19 ein Einzelkanalfunksystem, welches eine zusätzliche Nachrichtenverarbeitung benötigt;

[0029] Fig. 20 einen Zweikanal-Transceiver, mit der Option der Sicherheit und zusätzlicher Nachrichtenverarbeitung;

[0030] Fig. 21 einen Multiband-Transceiver, der verschiedene Module verwendet;

[0031] Fig. 22 einen Multiband-Transceiver, der mehrere Module verwendet, wobei Informationssicherheitsmodule hinzugefügt sind;

[0032] Fig. 23 ein in einem Militärflugzeug integriertes CNI-System;

[0033] Fig. 24 ein Mehrfachkanal-Transceiversystem mit benutzerfestgelegten Sicherheitsmodulen;

[0034] Fig. 25 Busverbindungen für gemeinsame Empfangs- und Sendemodule;

- [0035]** Fig. 26 Busverbindungen, wenn ein kanalisiertes Nachrichtenverarbeitungs-(CMP = channelized message processing)-Modul mit einem gemeinsamen Empfangsmodul verbunden ist;
- [0036]** Fig. 27 Busverbindungen, wenn kanalisierte Nachrichtenverarbeitungsmodul jeweils verbunden sind mit einem gemeinsamen Empfangsmodul und einem gemeinsamen Sendemodul;
- [0037]** Fig. 28 Busverbindungen, wenn ein einzelnes kanalisiertes Nachrichtenverarbeitungsmodul verbunden ist mit einem gemeinsamen Empfangsmodul und einem gemeinsamen Sendemodul;
- [0038]** Fig. 29 Busverbindungen, wenn ein Informationssicherheitsmodul (INFOSEC) verbunden ist mit einem gemeinsamen Empfangsmodul;
- [0039]** Fig. 30 Busverbindungen, wenn Informationssicherheitsmodule jeweils verbunden sind mit einem gemeinsamen Empfangsmodul und einem gemeinsamen Sendemodul;
- [0040]** Fig. 31 Busverbindungen, wenn ein einzelnes Informationssicherheitsmodul verbunden ist mit sowohl einem gemeinsamen Empfangsmodul als auch einem gemeinsamen Sendemodul;
- [0041]** Fig. 32 Busverbindungen, wenn ein individuelles rotes (d. h., oberes Domänen-) CMP-Modul, ein schwarzes (d. h., niederes Domänen-) CMP-Modul und INFOSEC-Modul alle verbunden sind im selben Kanal als ein gemeinsames Empfangs- und/oder Sendemodul;
- [0042]** Fig. 33 Busverbindungen, wenn rote CMP-, schwarze CMP-Modul- und INFOSEC-Funktionalität alle enthalten sind in demselben Modul und im selben Kanal als gemeinsames Empfangs- und/oder Sendemodul verbunden sind;
- [0043]** Fig. 34 getrennte Antennenschnittstelleneinheiten für Empfangs- und Sendepfade, die mit derselben (Voll-Duplex)-Funkfunktion zusammenhängen;
- [0044]** Fig. 35 ein Applikationsverarbeitungsmodul, welches verbunden ist mit einem gemeinsamen Empfangs- oder gemeinsamen Sendemodul;
- [0045]** Fig. 36 ein einzelnes gemeinsames Empfangsmodul, welches geteilt wird zwischen verschiedenen Antennenschnittstelleneinheiten;
- [0046]** Fig. 37 ein AIU, welches in funktioneller Hinsicht spezifisch ist für verschiedene Funkfunktionen; und
- [0047]** Fig. 38 ein AIU für eine Multifunktionsantenne.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

- [0048]** Obwohl die Diskussion der vorliegenden Erfindung sich im Allgemeinen auf CNI-Funkfunktionen und Anwendungen bezieht, ermöglicht es die programmierbare Natur der Erfindung, auch verwendet zu werden für Hochfrequenzsignale, die moduliert sind mit einer beliebigen Kombination von Amplituden-, Phasen- und/oder Frequenzmodulation, welche programmiert werden kann durch die programmierbaren Hochfrequenzkanalmodule (d. h., das gemeinsame Empfangsmodul und das gemeinsame Sendemodul), welche später erläutert werden. Solche Hochfrequenzsignale umfassen nicht nur CNI-Funkfunktionen, sondern zum Beispiel auch Funksignale, die mit Radar zusammenhängen, elektronischer Kriegsführung (zum Beispiel elektronische Überwachung, elektronische Gegenmaßnahmen, elektronische Nachrichtenerfassung), Telemetrie oder Positionsbestimmung. Weiter ermöglicht die Fähigkeit der Hochfrequenzschnittstelleneinheit (welche im Allgemeinen als die später ebenfalls beschriebene Antennenschnittstelleneinheit bezeichnet wird), eine Frequenzumsetzung durchzuführen, welche es ermöglicht, dass die programmierbaren Hochfrequenzkanalmodule elektromagnetische Wellensignale von im Prinzip jeder Frequenz bedienen können.
- [0049]** Ein Radiokanal ist ein einzelner physikalischer Pfad zum Aussenden elektrischer Signale aus einer einzelnen Quelle (zum Beispiel eine Mikrofoneingabe auf einen entfernten Sender) auf einen einzelnen Zielort (zum Beispiel eine Lautsprecherabgabe aus einem lokalen Empfänger). Ein Empfangsfunkkanal umfasst all die Hardware und Software, die benötigt wird, um das ankommende Hochfrequenzsignal anzunehmen, und es in eine Form zu wandeln, die für eine menschliche Schnittstelle oder Geräteschnittstelle geeignet ist. Ein Sendefunkkanal ist das Gegenteil eines Empfangskanals, und manchmal werden ein Empfänger und Sender, die

auf derselben Frequenz arbeiten, gemeinsam als "Kanal" bezeichnet. Bei einem bestimmten Punkt im Empfangskanal wird das Signal reduziert (d. h., demoduliert und vielleicht decodiert, entschlüsselt, u. s. w.) auf die Basisinformation, welche empfangen werden soll (analoge oder digitale Sprach- oder Datensignale).

[0050] Ein End-zu-End-Kanal (d. h., von einem entfernten Sender zu einem lokalen Empfänger) umfasst nur einen einzelnen Radiokanal zu einem gegebenen Zeitpunkt, obwohl ein großer Teil, aber nicht die Gesamtheit der Hardware, in einem End-zu-End-Kanal mehrere Kanäle zur selben Zeit bedienen kann. Ein Beispiel für den letztgenannten Fall liegt dort vor, wo ein entfernter Sender einen einzelnen Träger aufnimmt, und mit unterschiedlichen Teilen des Hardwarekanals, mehrere Frequenzkanäle einem Frequenzmultiplexverfahren unterzieht, und zwar ein jeder für eine unterschiedliche Quelle, so dass sie alle durch den Rest der Bandbreite des Senders hindurchgehen, durch Antennen, durch den Raum hin zu Empfangsantennen, durch den größten Teil des Empfängers, bis schließlich hin zu verschiedenen Hardwarebereichen, welche die unterschiedlichen Kanäle einem Demultiplexverfahren auf verschiedenen Leitungen unterziehen für unterschiedliche menschliche Endbenutzer oder Geräteendbenutzung. Bei dem Frequenzmultiplexverfahren des Senders werden zum Beispiel die unterschiedlichen Kanäle in verschiedene Frequenzbänder aufgeteilt, welche üblicherweise zusammenhängend sind, oder das Multiplexverfahren beruht auf einer "direkten Sequenz", bei der alle die Kanäle denselben Frequenzbereich mit orthogonalen Codes überlappen. Auf diese Weise können alle Kanäle gleichzeitig vorliegen, aber egal wie, letztendlich wird getrennte Hardware benötigt, um einen jeden Kanal einem Multiplex- und Demultiplexverfahren zu unterziehen. Selbst wenn all die verschiedenen gleichzeitigen Kanäle gepuffert werden und einer nach dem anderen zu einem bestimmten Zeitpunkt mit derselben Hardware betrieben würde, würde ein unterschiedlicher Hardwarepuffer für einen jeden Kanal benötigt werden. Somit enthält ein jeder End-zu-End-Hardwarekanal nur eine Quelle und ein Ziel.

[0051] Das Eins-zu-Eins-Verhältnis einer einzelnen End-zu-End-Hardwareverbindung gegenüber einem einzelnen Kanal ist komplizierter, wenn ein Zeitmultiplexverfahren (TMUX) eingeschlossen ist. Trotzdem könnte End-zu-End-Hardware für mehrfache Kanäle verwendet werden, falls keine gleichzeitigen Kanäle erlaubt wären, wie zum Beispiel, wenn ein jeder Kanal einen getrennten Zeitschlitz auf derselben "Leitung" aufweist, was Luftschnittstellen umfasst. Für TMUX-Systeme wird eine separate Hardware für mehrere Kanäle nicht benötigt. Zum Beispiel könnte ein einzelnes Funksystem verwendet werden und abgestimmt werden auf verschiedene Kanäle, einen nach dem anderen. Aber egal wie es gemacht wird, wird immer noch getrennte Hardware benötigt, oder zumindest ein zugewiesener Bereich der Hardware, um Zugang zu einem dazu verschiedenen Kanal zu haben. Selbst wenn eine einzelne Spule auf verschiedene Frequenzen abgestimmt wird, so braucht sie zum Beispiel einen "längeren" Abstimmungsstab für mehrere Kanäle. Auf dieselbe Weise braucht ein digitales Funksystem, welches für verschiedene Kanäle zu unterschiedlichen Zeitpunkten programmiert ist, einen Bereich mit Schaltkreisen, die den verschiedenen Parametern und Eigenschaften eines jeden Kanals zugewiesen sind, wie zum Beispiel der Betriebsfrequenz. Natürlich gilt dann, falls mehr als ein Kanal gleichzeitig benötigt wird, dass separate Lautsprecher u. s. w. benötigt würden. Somit scheint es, dass, unabhängig von der Ausführung, ein separater End-zu-End-Hardwarekanal benötigt wird für eine jede Quelle-zu-Ziel-Verbindung.

[0052] Zuvor wurde angemerkt, dass ein großer Teil eines End-zu-End-Hardwarekanals plus minimale zusätzliche Hardware (zum Beispiel Puffer, Korrelatoren, Demodulatoren) mehrere Kanäle zur selben Zeit bedienen können. Im Falle der vorliegenden Erfindung, wo einer der "Hardwarekanäle", der aus einem einzelnen gemeinsamen Empfangs- oder Sendemodul besteht, mehrere der bereitgestellten Kanäle bedienen kann, passen die Kanäle in die vorgegebene Bandbreite. Dies wird erreicht durch das Konfigurieren von kleinen, aber unterschiedlichen Bereichen digitaler Schaltkreise in einem Sende- oder Empfangsmodul, um Information für verschiedene Kanäle einem Multiplex- oder Demultiplexverfahren zu unterziehen. Zum Beispiel können mehrere zusammenhängende Frequenzkanäle (d. h. Schlitze) sowie mehrere direkt sequenzkodierte Kanäle empfangen werden und demoduliert werden, vorausgesetzt, die gesamte Bandbreite der mehreren Kanäle passt in die Bandbreite des Empfangsmoduls.

[0053] Ein Empfangs-(oder Sende-)Radiokanal ist definiert als einer, bei dem ein oder mehrere Module im Kanal in Reihe miteinander verbunden sind und dazu bestimmt oder programmiert sind, eine bestimmte Art von Signal oder Information hindurchzulassen. Ein hardwaremäßig verschaltetes Modul (oder einfach "Modul") ist als solches definiert, bei dem alle die Elemente dazu bestimmt sind, ein bestimmtes Signal oder eine bestimmte Art von Information hindurchzulassen, und bei dem keines der Elemente jemals in Reihe mit den Elementen in einem anderen Kanal benutzt wird (z. B. geschaltet wird), um ein bestimmtes Signal oder einen bestimmten Informationsfluss zu verarbeiten.

[0054] Ein Beispiel für zwei separate Kanäle, bei denen ein jeder aus einem einzelnen Modul besteht, sind zwei separate Mittelwelle/UKW-Tischfunkgeräte (Radiogeräte), bei denen es sich um denselben Typ oder um

verschiedene Typen handeln kann. Ein jedes Funkgerät kann durchgestimmt werden, um eine beliebige Anzahl von Funkkanälen (d. h. Radiostationen) zu einer gegebenen Zeit zu empfangen. Während eines normalen Betriebs ist jedoch keiner der Schaltkreise in einem Funkgerät (Radiogerät) in Verbindung mit den Schaltkreisen in dem anderen Radiogerät verwendet. Jedes Radio besteht aus einem "hardwaremäßig verschalteten" Modul, d. h. alle Schaltkreiselemente sind in einem Gehäuse enthalten und keines dieser Elemente wird üblicherweise in Verbindung mit den Elementen in einem anderen Gehäuse verwendet. Man beachte, dass Schaltkreiselemente innerhalb des Gehäuses geschaltet werden können für verschiedene Radiofrequenzkanäle oder für unterschiedliche Radiowellenformen, wie zum Beispiel Mittelwelle (amplitudenmoduliert) im Gegensatz zu Ultrakurzwelle (frequenzmoduliert). Jedoch werden, wie bereits angemerkt, die Schaltkreiselemente nicht zwischen den Modulen geteilt. Diese Arten von Funkgeräten (Radiogeräten) sind "in einem Bund vereinigt".

[0055] Die Vorteile der Tatsache, dass alles in einem Funkgerätegehäuse in einem Bund vereinigt ist, besteht darin, dass, wenn das Funkgerät einmal gebaut und geprüft worden ist, es keine zusätzlichen Probleme gibt, wenn unterschiedliche Schaltkreise in einem Kanal verbunden werden, um mit den Schaltkreisen in einem anderen Kanal zusammenzuarbeiten. Alles wird innerhalb eines Gehäuses kontrolliert.

[0056] Diese Mittelwelle/UKW-Radios sind programmierbar – nicht so sehr, weil sie durchgestimmt werden können auf unterschiedliche Kanäle, sondern weil sie "programmiert" werden können für unterschiedliche Wellenformen, d. h. Mittelwelle oder UKW, selbst falls dieses "Programmieren" nur das Umlegen eines Schalters bedeutet, der zwischen internen Mittelwelle- und UKW-Schaltkreisen umschaltet.

[0057] Die digital programmierbare Funksystemarchitektur gemäß der vorliegenden Erfindung ermöglicht eine viel größere Palette von Wellenformen über einen größeren Frequenzbereich als bei Mittelwelle- und UKW-Radiogeräten. Um dies zu erreichen, versucht die Erfindung nicht, die gesamte notwendige Kanalfunktionalität für eine große Palette von Funkfunktionen in einem Modul mit übermäßiger Größe unterzubringen, da das Modul extrem groß und teuer würde. Dieses überdimensionierte Modul wäre hinsichtlich seiner Größe und Kosten nicht effektiv für Funkkanäle in Systemapplikationen, welche nur die Funktionalität einer Untermenge von Funkfunktionen bräuchte, inklusive Systemapplikationen, welche viele mehrfache gleichzeitige Funkkanäle mit an sich beliebiger Funkfunktion aus einer breiten Angebotspalette brauchen. Stattdessen verteilt die digital programmierbare Funksystemarchitektur Radiokanäle auf optimale Weise in Antennenschnittstelleneinheiten-(AIU = antenna interface unit)-Module, von denen ein jedes üblicherweise für eine spezifische Funkfunktion bestimmt ist, und welche einen relativ kleinen Anteil der Funktionalität eines Kanals umfassen, sowie in ein Empfangs-(oder Sende)-Modul, welches programmierbar ist, um eine breite Palette von Radiofunktionen zu empfangen (oder auszusenden) und welches einen relativ großen Anteil der Kanalfunktionalität für diese Funkfunktionen umfasst. Weiterhin haben diese programmierbaren oder gemeinsamen Empfangs- und Sendemodule einen minimalen Aufwand an nicht benutzter Hardware, wenn irgendeine bestimmte Radiofunktion gewartet werden muss. Während des Betriebs, und abhängig von der zu bedienenden Radiofunktion, werden gemeinsame Empfangs- oder Sendemodule mit verschiedenen funktionalitätsspezifischen AIU-Modulen verbunden, von denen ein jedes speziell bereitgestellt ist für bestimmte Funkfunktionen und für bestimmte Systemapplikationen. Mehrere gleichzeitige Empfangs- oder Sendekanäle werden erhalten durch Bereitstellen von mehreren gemeinsamen Empfangs- oder Sendemodulen (obwohl in einigen Fällen mehrfache gleichzeitige Radiokanäle betrieben werden können durch ein einzelnes gemeinsames Empfangs- oder Sendemodul, wie später erläutert wird). Weiterhin können die gemeinsamen Empfangs- und Sendemodule schnell reprogrammiert werden, und zwar entweder über einen internen Programmspeicher oder durch Herunterladen von Programmen (inklusive modifizierter oder neuer Programme) von einem externen Speicher.

[0058] Somit hat in der Architektur der vorliegenden Erfindung eine AIU plus ein gemeinsames Empfangs- oder Sendemodul keinen vollständig hardwaremäßig ausgeführten Kanal, da gemeinsame Empfangs- oder Sendemodule in Reihe geschaltet werden können mit unterschiedlichen AIU, und weil zu Zwecken der Redundanz eine einzelne AIU mit verschiedenen (primären oder als Ersatz genutzten) gemeinsamen Empfangs- oder Sendemodulen verwendet werden kann, manchmal auch gleichzeitig für dringende Redundanz. Die vorliegende Erfindung hat in optimaler Weise einen Radiokanal in hardwaremäßig ausgeführte Module unterteilt, um die Vorteile zu erzielen, die mit einer solchen Unterteilung einhergehen. Die vorliegende Erfindung unterteilt die Architektur auf so eine Weise, dass ein beträchtlicher Anteil der Schaltkreise in einem Gehäuse enthalten ist und niemals mit den Schaltkreisen in einem anderen Gehäuse geteilt wird. Dies führt zu den Vorteilen, dass der Großteil der gemeinsamen Einrichtungen in einem Gehäuse ist, das auf dieselbe Weise gebaut werden kann, für eine jede Kommunikations-, Navigations- und Identifikations-(CNI)-Funkfunktion in einem jeden Kanal, und auf dieselbe Weise gebaut werden kann für viele verschiedene Systemapplikationen. Es gibt weniger Modultypen für den Großteil der Kanalfunktionalität für eine große Palette von CNI-Funkfunktionen und andere

Typen von Hochfrequenzsignalfunktionen im Vergleich mit dem "in einem Bund vereinigten" Ansatz nach dem Stand der Technik, welcher viele verschiedene Typen von Modulen für dieselbe Anzahl von CNI-Funktionen verwendet.

[0059] Im Gegensatz zu "in einem Bund vereinigten" Funksystemen teilen sich Kreuzkanalfunksysteme Schaltkreise zwischen den einzelnen Kanälen, d. h., dass einige der Elemente in Reihe verwendet werden (z. B. umgeschaltet werden) mit Elementen in einem anderen Kanal, um ein bestimmtes Signal oder eine bestimmte Information zu verarbeiten. Die digital programmierbare Funksystemarchitektur hat auch Kreuzkanaleigenschaften. In der vorliegenden Erfindung ist die Unterteilung der Kreuzkanalisierung wichtig.

[0060] Im Extremfall einer Kreuzkanalisierung könnte man die Schaltkreise in einem Kanal so unterteilen, dass ein jedes grundlegendes Element (Widerstände, Kondensatoren, Transistoren, u. s. w.) separat ist, und man Schalter einbaut zwischen ein jedes dieser Elemente auf so eine Weise, dass ein beliebiges von ihnen verwendet werden kann in Kombination mit jedem beliebigen anderen Basiselement, um eine große Palette von elektrischen Funktionen auszuführen, und einige von ihnen auch gleichzeitig. Offensichtlich würden die benötigten Schaltnetzwerke extrem aufwändig sein, und wären viel größer als die Elemente als solche. Das Leistungsvermögen wäre auch schwach wegen der elektrischen Isolation, Konflikten zwischen den benötigten Ressourcen (d. h. Schaltkreiselementen), Schwierigkeiten beim Testen einer jeden Kombination und Aufspüren von Fehlern im Fehlerfall, u. s. w.

[0061] Andererseits beschränkt der "Kreuzkanal"-Ansatz der vorliegenden Erfindung die Anzahl von separaten Modulen in einem Kanal auf eine AIU plus hardwaremäßig ausgeführte gemeinsame Empfangs- und Sendemodule, wobei die Schnittstellen zu den gemeinsamen Empfangs- und Sendemoduleinheiten nur im Hochfrequenzbereich arbeitet sowie mit einem seriellen Bitstrom niedriger Geschwindigkeit. Der Großteil der Kanal-funktionalität ist in diesen hardwaremäßig ausgeführten gemeinsamen Empfangs- und Sendemodulen enthalten. Die vorliegende Erfindung stellt eine zusätzliche Verarbeitung mit relativ niedrigen seriellen Bitströmen mit zusätzlichen Modulen bereit (kanalisierter Nachrichtenprozessor – CMP = "channelized message processor" oder Informationssicherheitsprozessor – INFOSEC = "information security processor"), welche zum größten Teil hardwaremäßig ausgeführt sind im selben Kanal und nicht geteilt werden mit anderen Kanälen, außer falls es Gründe der Redundanz (oder INFOSEC-Kontrolle) passend erscheinen lassen, dies zu tun. Die Architektur der Erfindung ist flexibel genug, um diesen zuletzt genannten Teilungstyp aufzunehmen, falls erwünscht.

[0062] Eine andere Art der Betrachtung, dass Kanäle unterteilt sind, besteht darin, zu sagen, dass sie optimal verbunden sind, d. h., ein Kanal, der aus einer AIU plus einem Empfangs- oder Sendemodul besteht, von denen ein jedes nur eine Hochfrequenz-/serielle Datenschnittstelle für die Information aufweist, kann programmiert werden, um eine breite Palette von CNI-Funktionen bereitzustellen, und zusätzliche CMP-Module, welche üblicherweise mit dem gemeinsamen Empfangs- oder Sendemodulen verbunden sind, welche sie unterstützen, es sei denn, die Vorteile des Kreuzverschaltens der CMP-Module stellen sich als vorteilhaft unter dem Aspekt des Gesamtsystems heraus.

[0063] Ein wichtiges Merkmal der vorliegenden Erfindung ist nicht nur, dass die Architektur kanalisiert ist, sondern auch, dass die Hardware ebenfalls unterteilt ist in hardwaremäßig ausgeführte Module. Alle Architekturen, inklusive in einem Bund vereinigte und Kreuzkanalarchitekturen, weisen Hardwarestränge oder "Kanäle" auf, welche hardwaremäßig ausgeführt sind (für den "in einem Bund vereinigten" Fall) oder im Falle des Kreuzkanals umgeschaltet werden für eine spezielle CNI-Funktion. Aber im Falle der vorliegenden Erfindung sind die Hardwarekanäle unterteilt, wie im Folgenden erläutert, wobei der Großteil der Radiofunktionalität in einem Kanal enthalten ist innerhalb eines von zwei Modulen, welche das Herzstück eines Hardwarekanals bilden: entweder ein gemeinsames Empfangsmodul oder ein gemeinsames Sendemodul.

[0064] Die aus dem Stand der Technik bekannte "in einem Bund vereinigte" Architektur widmet ein einzelnes Gehäuse (manchmal mit der Option einer Fernbedienung und vielleicht auch eines separaten Leistungsverstärkers) für einen (oder einige wenige) CNI-funktionelle Kanäle. Das Gehäuse umfasst die meisten oder alle Elemente, welche bei der vorliegenden Erfindung in separate AIU genommen werden, welche einer jeden CNI-Funktion oder Gruppe von Funktionen gewidmet sind. Aber der "in einem Bund vereinigte" Kanal ist nicht programmierbar für eine breite Palette von CNI-Funktionen.

[0065] Keine dieser unterteilten Architekturen verwendet einen relativ großen Block von gemeinsamen Schaltkreisen, welche eine breite Funktionalitätspalette (Frequenzumsetzung, Analog-zu-Digitalwandlung oder Digital-zu-Analogwandlung, Modulation/Demodulation, u. s. w.) für verschiedene Radiofunktionen bedient und unterstützt. In einem Bund vereinigte Gehäuse benötigen eine beträchtliche Menge an zusätzlicher Hard-

ware, um für die zusätzlichen Funkfunktionen aufzukommen, was dazu führt, dass diese Gehäuse relativ groß und teuer sind, obwohl einige dieser in einem Bund vereinigten Gehäuse versuchen, die Gesamtgröße und Gesamtkosten für eine bestimmte Applikation dadurch zu reduzieren, dass es ermöglicht wird, dass diese manuell in verschiedene Submodule eingesteckt wird, um unterschiedliche CNI-Funktionen oder Betriebsarten zu bedienen. Aber dieser Einsteckansatz schließt die Verfügbarkeit von mehreren Funkfunktionen durch einfaches Umprogrammieren der Einheiten aus. Die Schnittstellen dieser Submodule sind nicht einfach. Anders als bei dem digital programmierbaren Radiosystem der vorliegenden Erfindung bedienen die Gehäuse weiterhin nur eine begrenzte Anzahl von Kommunikations-, Navigations- oder Identifikationsfunktionen, aber nicht eine breite Palette von allen drei Typen von Funktionen.

[0066] Eine Kreuzkanalarchitektur ist dazu ausgelegt, mehr als eine oder einige wenige CNI-Radiofunktionen zu bedienen. Programmierbare Kreuzkanalarchitekturen nach dem Stand der Technik bestehen aus vielen verschiedenen Typen von Modulen, von denen ein jedes weniger Kanalfunktionalität enthält als die gemeinsamen Sende- oder Empfangsmodule der vorliegenden Erfindung. Dieser Ansatz erfordert einen beträchtlichen Hochfrequenzschaltungsaufwand sowie Aufwand für ein Schalten der Parallelbusse mit hoher Geschwindigkeit, was beides unerwünscht ist, um letztendlich einen Strang von Modulen einer bestimmten CNI-Funktion zu widmen. Da die Module an einem jeden Punkt des Strangs, z. B. bei der Frequenzumsetzung, beim Vorverarbeiten im Empfänger, aus verschiedenen Modultypen bestehen, abhängig von den CNI-Funktionen, für die der Strang programmiert ist, gibt es nur minimale Gemeinsamkeit zwischen den Kanälen. Das heißt, daß ein jeder Kanal nur für einen oder wenige Typen von CNI-Funktionen programmiert werden kann. Weiterhin ist auch ein Großteil der digitalen Vorverarbeitung unterteilt in relativ große Prozessoren, die verschiedene CNI-Funktionen zum selben Zeitpunkt bedienen, wodurch eine Durchführung einer Kanalisolation (z. B. für Sicherheitszwecke) und eine Ressourcenallokation/Steuerung des gesamten Strangs zu einem wahrhaften Albtraum wird. Kreuzkanalarchitekturen nach dem Stand der Technik sind schwierig auf Multifunktions-Funktanwendungen unterschiedlicher Größe zu skalieren.

[0067] Andererseits ist die Architektur der vorliegenden Erfindung kanalisiert zum Unterteilen der Funktionen des Funksystems in verschiedene Modultypen, AIU und gemeinsames Empfangsmodul (für ein Sendemodul) und die zwei Modultypen (AIU und Sendemodul) für einen Sendekanal (obwohl die AIU für den Empfangskanal fast immer kombiniert ist mit der AIU für den Sendekanal, um eine einzelne AIU zu bilden).

[0068] Das Empfangsmodul ist "gemeinsam" in dem Sinne, dass es Hochfrequenzsignale annehmen kann und programmiert werden kann, entweder durch analoges Umschalten oder digitale Software oder beides, um eine Frequenzumsetzung und Signalverarbeitung durchzuführen hinunter zu einem seriellen Bitstrom niedriger Geschwindigkeit in einem Kanal, welcher programmiert wird auf eine aus einer großen Palette von CNI-Funktionen. Umgekehrt ist das Sendemodul "gemeinsam" in dem Sinne, dass es einen seriellen Bitstrom niedriger Geschwindigkeit akzeptieren kann und programmiert werden kann, um eine Signalmodulation und Frequenzumsetzung auf Hochfrequenz für eine breite Palette von CNI-Funktionen durchzuführen. Es ist auch wünschenswert, dass die gemeinsamen Module schnell programmiert werden können für unterschiedliche Kommunikations-, Navigations- und Identifikations-(CNI)-Funktionen durch Laden eines neuen Programms.

[0069] Die Unterteilung der Radiokanäle in der Architektur der vorliegenden Erfindung umfasst Folgendes: (1) die gesamte funktionsspezifische Hardware, welche die zusätzliche Hardware in einem gemeinsamen Empfangsmodul oder einem gemeinsamen Sendemodul treibt, ist in der AIU untergebracht, welche, wie angemerkt sei, relativ wenige funktionelle Elemente enthält, verglichen mit dem Rest des Kanals, das heißt, dass der Großteil der Radiokanalverarbeitung durchgeführt wird in den gemeinsamen Modulen und ein kleiner Teil in den CNI-funktionsspezifischen AIU; und (2) der Signalpfad der gemeinsamen Empfangs- oder Sendemodule benötigt nur eine einzelne Hochfrequenzverbindung mit den AIU, und Schnittstellen zwischen den Modulen und dem Rest des Systems, die nur relativ niedrige Geschwindigkeit aufweisen und üblicherweise seriell sind. Der letztgenannte Punkt (2) dient der Vermeidung unerwünschten analogen Umschaltens zwischen Modulen von verschiedenen Typen, eliminiert parallele Hochgeschwindigkeitsbusse und reduziert Isolationsprobleme zwischen Kanälen, welche denselben Prozessor benutzen, und vermeidet weitere Nachteile des zuvor erläuterten Kreuzkanalansatzes.

[0070] In der unterteilten Architektur der vorliegenden Erfindung kann eine Nachrichtenverarbeitung über das hinausgehend in zusätzlichen Modulen durchgeführt werden, was in einem gemeinsamen Empfangs- oder gemeinsamen Sendemodul durchgeführt werden kann, nämlich kanalisierte Nachrichtenverarbeitung (CMP = channelized message processing) oder Informationssicherheit-(INFOSEC)-Module, welche bereitgestellt sind für denselben Kanal. Aber diese zusätzlichen Module müssen nur mit üblicherweise seriellen Daten bei relativ niedriger Geschwindigkeit arbeiten. Insbesondere vereinfacht das Hinzufügen von INFOSEC-Modulen auf die-

se Weise die Sicherheitsisolation in integrierten programmierbaren Funksystemen. Weiterhin können in den seltenen Fällen, welche für einige Systemapplikationen benötigt werden, Applikationsmodule verbunden werden mit gemeinsamen Empfangs- und Sendemodulen über relativ kurze parallele Busse mit bescheidener Geschwindigkeit, um eine zusätzliche Verarbeitung mit hoher Geschwindigkeit bereitzustellen, welche über die Fähigkeit der gemeinsamen Empfangs- und Sendemodule hinausgeht.

[0071] Die vorliegende Erfindung stellt durch eine ordnungsgemäße Unterteilung der unterschiedlichen Elemente in einem jeden Funkkanal und durch Bereitstellen einer angemessenen Signalisierung und -filterung eine minimale Größe, Gewicht und Kostenlösung für eine Multifunktions-Kommunikations-, -Navigations- und -Identifikations-(CNI)-Funkanordnung dar. Sie kann auf modulare Weise maßgeschneidert werden für viele verschiedene Typen von Anwendungen. Sie bringt auch all die Vorteile und im Wesentlichen keinen der Nachteile der oben erläuterten "individuellen" und programmierbaren "Kreuzkanal"-Ansätze mit sich, die zuvor erläutert worden sind. Weiterhin wird die Architektur auf einzigartige Weise auf Einzelkanalfunkapplikationen skaliert, wo der einzelne Kanal programmiert werden kann für jede beliebige Untergruppe von CNI-Funktionen, die ausgesucht sind aus einer viel größeren Bibliothek als bei den programmierbaren Funkgeräten nach dem Stand der Technik.

[0072] Man betrachte Tabelle A für einige der möglichen Funkfunktionsanwendungen der vorliegenden erfindungsgemäßen Architektur.

Tabelle A: CNI- und Telemetrie-Funkfunktionen

Kommunikation	Identifikation
Hochfrequenz Sprache/Daten "en clair"	ATCRBS/IFF Transponder
HF AJ	IFF-Abfrage
HF-Verbindung 11	Betriebsart S
VHF UKW	TCAS
VHF UKW verschlüsselt	
VHF Mittelwelle	Navigation
VHF verschlüsselt	Omega Nav*
SINCGARS	Loran-C*
VHF ACARS	ILS-Lokalisierer
UHF "en clair"	ILS-Gleitpfad
UHF verschlüsselt	ILS-Markierungsbake
Havequick Versionen	VHF Omni-Range (VOR)
Militärisches UHF SATCOM	PLRS/EPLRS
Airphone	Taktisches Luftnavigationssystem (TACAN = Tactical Air Nav System)
JTIDS	Abstandsmessungseinrichtung (DME = Distance Measuring Equipment)
Kommerzielles SATCOM	Präzisions-DME
RAM-Mobildaten	Global Positioning System
Mobilfunk	GLONASS (Sowjetisches GPS)
Bürgerradio	Radar Altimeter*
PCS	Mikrowellenlandesystem (MLS = Microwave Landing System)*
Kommerzielles Fernsehen	
VHF Datenradio (VDR = VHF Data Radio)	
Industrielle, medizinische und wissenschaftliche Anwendungen (IMS = Industrial, Medical and Scientific)*	
Telemetrie	
ACMI: Air Combat Maneuvering Instrumentation = Luftschlachtmanövrierinstrumentierung	

* Bedeutet, dass ein Blockwandler verwendet wird in der Antennenschnittstelleneinheit, um das Funksignal auf den Eingabebereich des analogen Submoduls 104 zu wandeln. Andere Hochfrequenzfunktionen, welche zu zahlreich sind, um erwähnt zu werden, können ebenfalls in dem Blockwandler untergebracht werden.

ACARS:	Aircraft Communication Addressing and Reporting System = Luftfahrzeug-Kommunikations-Adressier- und -Berichtssystem
ATCRBX:	Air Traffic Control Radar Beacon System = Luftverkehrskontrollradarbakensystem
EPLRS:	Enhanced Position Location Reporting System = Verbessertes Positions-Lokalisierungs-Berichtssystem
IFF:	Interrogate Friend-or-Foe = Freund-oder-Feind-Abfrage
ILS:	Instrument Landing System = Instrumentenlandesystem
JTIDS:	Joint Tactical Information Distribution System = Gemeinsames taktisches Informationsverteilungssystem
PCS:	Personal Communication System = Persönliches Kommunikationssystem
SINCGARS:	Single-Channel Ground-to-Air Radio = Einkanaliges Boden-Luft-Funksystem
TCAS:	Traffic Collision Avoidance System = Verkehrskollisionsvermeidungssystem

[0073] Die optimale Unterteilung der Architektur von Kanälen erlaubt eine einfache Fehlerisolation, Modulersetzung und Modulsicherung, sowie eine einfache Durchführung einer Sicherheitsisolierung. Die Architektur verwendet auch eine spezielle Unterteilung von Radioelementen eines Kanals in integrierte CNI-Funksystemapplikationen zusammen mit Richtlinien für Buszwischenverbindungen zwischen den Elementen, was die Verwendung von identischen programmierbaren gemeinsamen Modulkänen mit minimaler zusätzlicher Hardware praktisch möglich macht. Ein jeder Kanal ist funktionell unterteilt durch Unterteilen der Signalerfassung oder Strahlung, Empfangssignalvorbereitung und/oder Sendeleistungsverstärkung, Strahlung, Frequenzwandlung, Modulation/Demodulation, zusätzliche Signalverarbeitung, Sicherungsverarbeitung und Verarbeitung spezieller Nachrichten in verschiedenen Modulen.

[0074] Hardware, welche gemeinsam ist für viele verschiedene Typen von CNI-Radiofunktionen und viele verschiedene Typen von Multifunktions-Funksystemanwendungen, ist in gemeinsame programmierbare Module eingesetzt. Sogenannte "high-overhead hardware" (d. h. Hardware, die nur für eine einzelne oder relativ wenige CNI-Funktionen spezifisch ist, oder spezifisch ist für eine spezielle Anwendung, d. h. nicht gemeinsame Komponenten) ist separat außerhalb der gemeinsam programmierbaren Module in einem Gehäuse untergebracht. Tut man dies, so wird Zusatzsoftware für gemeinsame Module bis zu dem Punkt reduziert, wo die Größe der gemeinsamen Hochfrequenz/IF- und Digitalverarbeitungs-Hardware klein genug ist, um in ein einzelnes Einsteckgehäuse von vernünftig kleiner Abmessung untergebracht zu werden. Alle Zwischenverbindungen zur Verarbeitung mit hoher Geschwindigkeit und parallelen Zwischenverbindungen sind komplett untergebracht innerhalb der gemeinsamen Modulgehäuse, wodurch die Komplexität in rückwärtigen Ebenen, EMI und Übersprechen wesentlich reduziert werden.

[0075] Obwohl es das Ziel ist, dafür zu sorgen, dass verschiedene Module so einheitlich wie möglich ausgeführt werden zwischen verschiedenen CNI-Funktionen und verschiedenen integrierten CNI-Funksystemanwendungen, kann es nützlich sein, ein gemeinsames Modul so "maßzuschneidern", dass es gemeinsam ist zwischen verschiedenen CNI-Funktionen in einer bestimmten Systemapplikation, aber dass das Modul funktionell verschieden ist zwischen Applikationen. Ein Beispiel liegt dort vor, wo gemeinsame Modulempfangs- und -sendeschaltkreise, um Breitband-CNI-Funktionen zu handhaben, nicht enthalten sind in den gemeinsamen Empfangs- und Sendemodulen, für eine Verwendung, welche nur schmalbandige CNI-Funktionen benötigt. (In diesem Falle sind die ursprünglich gemeinsamen Module "entvölkert" worden).

[0076] Man beachte jedoch, dass die zuletzt genannten Module noch immer gemeinsam sein können zwischen verschiedenen schmalbandigen CNI-Funktionen in derselben Anwendung. Ein weiteres wichtiges Beispiel ist dort, wo einige Anwendungen Busisolationsschaltkreise benötigen, die im Innern der verschiedenen Module enthalten sein müssen, um den Bus vor einem Modulausfall zu schützen. Da solche Schaltkreise relativ sperrig sind, insbesondere wenn es viele Buseingabe-/ausgabeverbindungen gibt, kann es nicht wünschenswert sein, die Isolationsschaltkreise in Modulen unterzubringen, die dies nicht benötigen. Weiterhin gilt, da Module programmierbar sind, um verschiedene CNI-Funktionen zu handhaben, dass die internen Isolationsschaltkreise nicht notwendig sein müssen, wie später erläutert mit Bezugnahme auf Busschnittstelleneinheiten.

[0077] Die vorliegende Erfindung stellt gemeinsame Module (Empfangs- und/oder Sende-) bereit, welche programmierbar sind, um über einen Bereich von ungefähr 2 MHz bis 2 GHz betrieben zu werden.

[0078] Wird die offenbarte Architekturunterteilung nicht verwendet, so würden die programmierbaren gemeinsamen Module zu einer exzessiven Zusatzbelastung hinsichtlich Größe und Kosten führen, und eine solche Zusatzbelastung würde ihre Verwendbarkeit in praktischen Anwendungen ausschließen.

[0079] Innerhalb dieser Beschreibung werden die hauptsächlichen Funkelemente, welche unterteilt sind, als Module oder Submodule bezeichnet. Elemente, die von punktierten oder strichpunktierten Linien umschlossen werden, werden nicht notwendigerweise für alle Anwendungen benötigt. Die angezeigte modulare Unterteilung (mit der geringfügigen Ausnahme, die später erläutert wird) eliminiert die Notwendigkeit für Parallelbusverbindungen mit relativ hoher Geschwindigkeit (größer als mehrere MHz) zwischen den Modulen. Die Unterteilung charakterisiert auch eine offene Architektur von einem bestimmten Typ, wobei die Schnittstellenerfordernisse eines jeden Moduls so festgelegt sind, dass Module entwickelt werden können, upgradet werden können und hinzugezogen werden können von im Wettbewerb stehenden Anbietern. Modul- und Buskonfigurationen für verschiedene beispielhafte Typen von Anwendungen werden im Folgenden erläutert.

[0080] Ein kanalisiertes Empfangssystem **100**, welches programmierbar einem einzelnen Kanal zugeordnet ist, gemäß der vorliegenden Erfindung, ist in **Fig. 1** gezeigt. Das System umfasst eine Antenne **102**, welche so einfach aufgebaut sein kann wie eine Mittelwellenantenne, oder so komplex wie eine Multifunktions-(oder Multielement-)Antenne, wie zum Beispiel eine, welche einige oder alle der sich im L-Band befindlichen kommerziellen oder militärischen Kommunikations-, Navigations- und Identifikations-(CNI)-Funktionen bedient. Die Antenne **102** ist an ein Antennenschnittstelleneinheitensmodul (AIU = antenna interface unit) **104** gekoppelt, welches die gesamten Schaltkreise für die Steuerung, Verstärkung, Filterung und andere Empfangsfunktionen umfasst, die notwendig ist, um eine Schnittstelle mit der gerade verwendeten speziellen Antenne **102** zu bilden, und welche das analoge Ausgangssignal von der Antenne **102** auf ein gemeinsames Empfangsmodul **106** bereitstellt in einem Zustand, welcher es erlaubt, dass das daran sich anschließende gemeinsame Empfangsmodul das interessierende Signal verarbeitet in Übereinstimmung mit vorgegebenen Leistungsanforderungen. Abhängig von der tatsächlichen AIU-Implementierung kann das AIU-Modul **104** eine Fähigkeit aufweisen zum Durchführen von Änderungen im empfangenen Signalpegel, empfangenen Interferenzpegeln, Sende/Empfangsverbindbarkeit und Signalverbindbarkeit von/auf verschiedene gemeinsame Empfangs- oder Sendemodule unter der Kontrolle des gemeinsamen Empfangsmoduls **106**. Das gemeinsame Empfangsmodul **106** führt die analogen Funktionen des Wandeln des empfangenen Basisbandsignals in ein Zwischenfrequenzsignal durch unter Verwendung eines Referenzoszillatorsignals aus dem Referenzoszillator **108**, wandelt das Zwischenfrequenzanalogsignal in ein digitales Signal, führt jegliches weiteres Abwärtswandeln ("down-converting") durch, sowie eine Demodulation und spezielle Signalverarbeitung im digitalen Bereich und stellt ein digitales Informationssignal bereit, als ein digitales Signal niedriger Geschwindigkeit, bevorzugterweise in der Größenordnung von einem Megabit pro Sekunde, welches geeignet ist für eine sich daran anschließende Schnittstelle auf verschiedene Geräte, welche auch Geräte umfassen, die von einem menschlichen Benutzer bedient werden. Ist zum Beispiel das Antennensignal ein Navigationssignal, so würde das System demodulierte und decodierte Navigationssignale ausgeben, wohingegen, falls das Signal ein ausgestrahltes Mittelwellenradiosignal wäre, die Ausgabe eine digitale Version des Schalls wäre, der durch das Mittelwellenradiosignal hergestellt wird. Die digitale Ausgabe des Empfangsmoduls **106** würde, falls notwendig, in eine verwendbare Form gewandelt werden. Im Beispiel der Navigation könnte eine Positionierungsanzeige erzeugt werden. Im Falle der Ausgabe eines Mittelwellenradios wandelt ein Digital-Analogwandler in einer Audioschnittstelle **110** das digitale Signal in ein analoges Tonsignal, welches mittels eines herkömmlichen Lautsprechers **112**, oder falls notwendig, mittels eines Verstärkerlautsprechersystems, in Töne umgewandelt würde. Ist der Empfänger ein System mit festgelegten Frequenzkanälen, wie es zum Beispiel für eine Radioempfangseinheit notwendig ist, so können die programmierbaren Eigenschaften des gemeinsamen Empfangsmoduls **106** mittels ROM programmiert werden, DIP-Schaltern, Kurzschlusskabeln u. s. w., obwohl das gemeinsame Empfangsmodul bevorzugterweise über Software über einen Regler **114** programmierbar ist. Das System **100** kann einen Regler **114** umfassen, welcher so einfach aufgebaut sein kann wie eine digitale Kanalauswahleinheit, die verwendet wird, wenn das Modul in einer einfachen Anwendung verwendet wird wie zum Beispiel beim Ändern von Frequenzen in einem Mittelwellenradio, oder so kompliziert wie ein Workstation-Computer, wenn verschiedene CNI-Programme heruntergeladen werden und kontrolliert werden sollen zwischen verschiedenen Kanälen. Das System **100** kann auch eine Benutzerschnittstelle **116** aufweisen, die mit dem Regler **114** verbunden ist sowie mit dem Empfangsmodul **106**. Ebenso wie der Regler **114** kann diese Schnittstelle so einfach sein wie eine digitale Kanalauswahlvorrichtung, oder so kompliziert wie ein Workstation-Computer. Im Falle des Mittelwellenradios würde die Schnittstelle eine Kanalauswahlvorrichtung umfassen. Der Regler **114** und/oder das Empfangsmodul **106** können auch mit anderen externen Geräten **118** verbunden werden, von denen Beispiele im Folgenden

erläutert werden. Das gemeinsame Empfangsmodul **106** wird ausführlicher später mit Bezugnahme auf die **Fig. 6A** und **6B** erläutert werden.

[0081] Ein kanalisiertes Sendesystem **200**, wie es in **Fig. 2** gezeigt ist, umfasst einige Bauteile vom selben Typ wie das Empfangssystem **100**. Eine Signalquelle **202** stellt dem Sendesystem ein Informationssignal zum Aussenden bereit. Das Signal kann ein digitales Signal sein, wie es zum Beispiel von der Empfängerseite einer Empfangseinheit empfangen würde, oder könnte ein analoges Signal sein, wie in **Fig. 2** gezeigt. Falls digital, so kann es direkt in ein gemeinsames Sendemodul **204** eingegeben werden, und falls analog, so wird das Informationssignal mittels eines Analog-Digitalwandlers in der analogen Schnittstelle **206** in ein digitales Signal niedriger Geschwindigkeit gewandelt. Das Sendemodul **206**, ebenso wie das Empfangsmodul **106**, können mittels ROM, DIP-Schalter, Programmierung u. s. w. in den Situationen kontrolliert werden, wo die charakteristischen Eigenschaften des Kanals festgelegt sind, wie zum Beispiel bei einer Radioempfangseinheit, oder können programmierbar kontrolliert werden mittels eines Reglers **206**, welches derselbe sein kann wie der in **Fig. 1** gezeigte Regler **114**, und welcher unter Kontrolle der Benutzerschnittstelle **206** steht, welche dieselbe sein kann wie die Benutzerschnittstelle **116** in **Fig. 1**, in anderen Situationen. Der Regler **206** sowie die anderen Module, die sowohl in **Fig. 1** als auch in **Fig. 2** auftreten, können geteilt werden zwischen den Empfangs- und Sendeseiten in Situationen, wo dies angemessen ist, so wie zum Beispiel bei Zweiwege-(Transceiver-Typ)-Funksystemen, die in Luftverkehrsüberwachungssystemen und bei der militärischen Kommunikation verwendet werden. Diese zwischen Empfangs- und Sendepfaden geteilten Module können dieselben Funktionen für einen jeden Pfad durchführen, z. B. Referenzoszillator oder Kanalkontrolle, oder sie können verschiedene Funktionen durchführen. Zum Beispiel kann das Antennenschnittstelleneinheitsmodul **104** eine Antennenschaltung und -filterung für beide Empfangs- und Sendepfade durchführen; aber die AIU kann eine durchstimmbare Filterung durchführen, Empfängerschutz, automatische Verstärkungsregelung u. s. w., für den Empfangspfad, und kann eine separate Sendefilterung durchführen, um ungewollte Signalaussendungen zu entfernen, und eine Signalleistungsverstärkung durchzuführen, um die Leistung des ausgestrahlten Signals auf den gewünschten Pegel anzuheben, bevor das Hochfrequenzsignal auf die Antenne **100** gegeben wird. Es ist auch möglich, einen Teil der AIU-Funktionalität zwischen verschiedenen CNI-Funktionen aufzuteilen, zum Beispiel kann derselbe Leistungsverstärker in der AIU **104** dafür verwendet werden, verschiedene Radiofunktionen im selben Band auszustrahlen, wie z. B. IFF, Mode S, ATRCBS, TACAN und DME durch Teilen desselben Kanals zwischen diesen Radiofunktionen auf entweder einer gleichzeitigen Basis oder einer Zeitmultiplexbasis. Das gemeinsame Sendemodul **204** wird ausführlicher später unter Bezugnahme auf die **Fig. 7A** und **7B** diskutiert werden.

[0082] **Fig. 3** zeigt ein kombiniertes, kanalisiertes Sender-/Empfängersystem **300**, welches geeignet ist für Kommunikation-, Navigation- und Identifikations-(CNI)-Anwendungen. Nur ein einzelner Kanal ist gezeigt, aber dies bezieht sich auch auf beliebige CNI-Anwendungen, und kann repliziert werden, um parallele Kanäle zu bilden. In dieser komplexeren Ausführungsform werden dieselben programmierbaren gemeinsamen Sendemodule **204** und Empfangsmodule **106** verwendet, wie sie in den weniger komplexen Systemen der **Fig. 1** und **2** gezeigt sind, aber sie haben programmierbare Eigenschaften, die entsprechend für den komplexeren Anwendungssatz geeignet sind. In diesen komplexeren Anwendungen wird der Regler zum komplexeren Regler/Datenprozessormodul **302**, die einfache Schnittstelle wird ersetzt durch ein Bussystem **322**, welche es ermöglicht, dass mehrere Kanäle adressiert und gesteuert werden. Der Systembus **322** kann aufgeteilt werden in physisch getrennte Busse, wie dies durch Busverkehrsbetrachtungen und/oder Formate und Protokollanforderungen der verschiedenen Systemelemente, inklusive externe Einheiten, diktiert wird. Die Busschnittstelleneinheit (BIU) **304** kann verwendet werden zwischen verschiedenen Systemelementen in Systemen, die spezielle Hardware erfordern zum Zwecke der elektrischen Verbindung, wie z. B. Isolation und Leitungsspannungen, und wo es nicht praktikabel ist, solche Hardware in ein gemeinsames Empfangs- oder Sendemodul unterzubringen. Die BIU-Funktionalität könnte in einem separaten Modul untergebracht sein, oder könnte enthalten sein in einer hinteren Ebene oder in einem Verdrahtungsrahmenaufbau, welcher die verschiedenen Module verbindet. Bei bestimmten Anwendungen wird ein Hochfrequenzschaltmodul **306** notwendigerweise zu dem Antennenschnittstellenmodul **308** hinzugefügt, wodurch sich die speziellen Bauteile des Moduls **308** ändern. Der Kanal kann auch bereitgestellt werden mit speziellen Signalverarbeitungsmodulen **310**, einem kanalisiertem Nachrichtenverarbeitungsmodul **312** (CMP = channelized message processing), Informationssicherheitsmodulen **314**, **318** und **320**, die notwendig sind, um eine sichere Kommunikation zu gewährleisten, und dann, wenn eine gesicherte kanalisierte Nachrichtenverarbeitung benötigt wird, ein kanalisiertes Nachrichtenverarbeitungsmodul **316** auf der sicheren Seite des Informationssicherheitsmoduls **314** (INFOSEC). Werden Signale empfangen, die eine sehr schnelle Antwortzeit erfordern, wie zum Beispiel bei der Impulspositionsdemodulation und Impulspositionsantwort innerhalb einer Mikrosekunde, wie sie bei Kommunikationssystemen mit Freund-/Feind-Kennung (IFF) verwendet werden, so kann ein Transponderbus **321**, bei dem es sich entweder um einen seriellen Bus oder einen parallelen Bus mit mäßiger Geschwindigkeit handeln kann, verwendet wer-

den, um die Impulspositionen auf das Sendemodul **204** zu geben, wo die Impulspositionsantwort hergestellt und ausgesendet wird. Diese Ausgabe/Eingabe zwischen dem Empfänger **106**, dem Sender **104**, liegt zusätzlich zu dem Systembus **322** vor, welcher bereitgestellt wird zur Konfigurationsregelung, Eingabe/Ausgabe von Informationssignalen, u. s. w. Der Transponderbus **321** kann auch verwendet werden für Radioempfangsgerätee Anwendungen, und auch dazu, digitale Verarbeitungshardware zwischen dem Empfangsmodul **106** und dem gemeinsamen Sendemodul **204** aufzuteilen.

[0083] Fig. 4 zeigt den Bereich von Funktionen, die bereitgestellt werden können durch einen einzelnen dynamisch programmierbaren Transceiver-Kanal, wie zum Beispiel das in Fig. 3 gezeigte Kanalsystem **300**, welches gekoppelt ist mit verschiedenen Typen von Antennen, zum Beispiel den drei verschiedenen Typen von Antennen **330**, **332** und **334**. Die Betriebsabläufe und Verarbeitungen, die in Fig. 4 gezeigt sind, sind nicht so gemeint, dass sie alle Funkfunktionen von Interesse umfassen, noch werden all die angezeigten Verfahren für eine jede Funkfunktion verwendet. Wie jedoch gesehen werden kann, sind die Module in der Lage, alle die Funktionen durchzuführen, die notwendig sind für ein Funksystem im Bereich des interessierenden Bandes von ungefähr 2 MHz bis 2 GHz. Weiterhin können einige Funktionen (z. B. Fehlerkorrektur) durchgeführt werden in einem der anderen Module, die sich von den angezeigten unterscheiden. Für einige Anwendungen können bestimmte Elemente, zum Beispiel der CNI-Regler/Datenprozessor **302**, weiter unterteilt sein in mehrere Elemente, bevorzugterweise geschieht dies aber so lange, wie eine solche Unterteilung nicht stattfindet bei einer parallelen Busschnittstelle mit hoher Geschwindigkeit. Jedoch sollen weder das gemeinsame programmierbare Empfangsmodul **106** noch das gemeinsame programmierbare Sendemodul **204** weiter in separate Gehäuse unterteilt werden, obwohl, wie später ausführlicher diskutiert werden wird, die gemeinsamen Module **106** und **204**, von denen ein jedes bevorzugterweise enthalten ist in einer einzelnen, in ein Gestell einsetzbaren, bevorzugterweise als Einsteckeinheit ausgeführten Einheit, unterteilt sind in analoge und digitale Submodule, welche gegeneinander abgeschirmt und isoliert sind hinsichtlich EMI. Die gemeinsamen Empfangs-**106**- und Sende-**204**-Module sind unterteilt, um die gesamten HF/IF-Umwandlungsschaltkreise in dem Kanal zu enthalten, und um serielle Busse mit nur relativ niedriger Geschwindigkeit an ihren Eingabe-/Ausgabeschnittstellen aufzuweisen. Umgekehrt können Elemente wie zum Beispiel die kanalisierten Nachrichtenprozessoren (CMP) **312** und **316** und die Informationssicherungs-(INFOSEC)-Elemente **314**, **318** und **320** (und sogar das gemeinsame programmierbare Empfangsmodul **106** und das gemeinsame programmierbare Sendemodul **204**) in weniger Module kombiniert werden. Jedoch kann ein solches Kombinieren von Modulen die zusätzlich benötigte Größe und Kosten für das Modul vergrößern, falls das größere Modul an verschiedenen Orten zu verwenden ist (d. h. Kanälen oder Anwendungen), da nicht alle Elemente des Moduls notwendigerweise sich am selben Ort befinden.

[0084] Wie aus der obigen Diskussion zu entnehmen ist, verwendet die programmierbare Digitalfunkarchitektur (PDR = programmable digital radio) der vorliegenden Erfindung zwei gemeinsame Modultypen: Ein programmierbares gemeinsames Empfangsmodul **106** und ein programmierbares gemeinsames Sendemodul **204**, welche das Herzstück des Systems bilden. Die beiden Module können als primäre Module dienen, die für eine einzelne Kanalfunktion bestimmt sind, oder reprogrammierbar sein für verschiedene primäre Hochfrequenzfunktionen, oder als universelle Sicherungsmodule dienen, die in der Lage sind, eine jede der von einem primären Modul benötigten Funktionen durchzuführen. Die Module **106** und **204** werden als "gemeinsam" bezeichnet, da das Modul programmiert werden kann, um einen oder mehrere verschiedene Typen von CNI-Funkfunktionen zu verarbeiten, und eine solche Verarbeitung kann auf schnelle Weise im Zeitmultiplexverfahren zwischen verschiedenen CNI-Funkfunktionen durchgeführt werden. Somit kann ein einzelner Funkkanal, wie zum Beispiel die Systemkanäle **100**, **200** und **300**, programmiert werden für eine bestimmte CNI-Funktion (oder für einem Zeitmultiplexverfahren unterworfenen CNI-Funkfunktion von verschiedenen Typen), und zwei oder mehr Funkkanäle können jeweils programmiert werden für dieselben oder verschiedene Funkfunktionen, welche in exakt derselben Zeitspanne durchgeführt werden müssen. Es ist auch möglich, dass die normalerweise einem einzelnen Kanal zugeordnete Hardware mehrere Kanäle bedient, die zum Beispiel zusammenhängend sind in der Frequenz und/oder gebildet werden durch ein Code-Division-Multiplexing desselben Hochfrequenzträgers. Weiterhin können diese gemeinsamen Empfangs-**106**- und Sende-**204**-Module auch verwendet werden in verschiedenen integrierten CNI-Funkanwendungen auf verschiedenen Plattformen. Obwohl nicht zwingend notwendig für einige Anwendungen, aber enthalten als Teil der Architektur, wie später erläutert wird, können die kanalisierten Nachrichtenprozessoren (CMP) und Informationssicherheits-(INFOSEC)-Module auch gemeinsam programmierbare Module sein. Weiterhin können diese drei Module auch kombiniert werden in einem einzelnen gemeinsamen programmierbaren INFOSEC/CMP-Modul, wie in Fig. 4 gezeigt. Häufig werden die CMP-Module **312** und **316** kombiniert mit dem INFOSEC-Modul **314**, da viele Kanäle mit CNI-Funktionalität, welche das INFOSEC-Modul **314** benötigt, auch die CMP-Module **312** und **316** benötigen, und da die Konsolidierung dieser Module die gesamte Hardware reduzieren kann durch Verwendung von Bauteilen, die der kombinierten Funktionalität gemeinsam sind.

[0085] Liegt die Empfangsbetriebsart vor (siehe **Fig. 3** und **4**), so wird ein empfangenes Hochfrequenzsignal für jede CNI-Funktion von einer oder mehreren Antennen durch die Antennenschnittstelleneinheit (AIU) **308** in das gemeinsame programmierbare Empfangsmodul **106** geleitet. Das gemeinsame Empfangsmodul **106** verwendet analoge HF/IF- und digitale Signalverarbeitung, um die notwendige Frequenzumsetzung, Demodulation und Bitstromformatierung in ein Signal durchzuführen, welches die zu übertragende gewünschte Information trägt (und manchmal im Folgenden als das digitale Informationssignal bezeichnet wird), so dass, außer für den im Folgenden beschriebenen seltenen Fall, wo eine zusätzliche Verarbeitung mit hoher Geschwindigkeit (wie zum Beispiel LPI-Verarbeitung) direkt auf die Wellenform vor der Demodulation benötigt wird, die Ausgabe des gemeinsamen Empfangsmoduls **106** normalerweise serielle Daten relativ niedriger Geschwindigkeit sind, die ein digitales Informationssignal enthalten, welches geeignet ist für verschiedene Anwendungsanschlüsse, wie zum Beispiel Audiogeräte, Anzeigen, Instrumente u. s. w. Die Notwendigkeit für parallele Busschnittstellen mit hoher Geschwindigkeit zwischen Modulen wird zum größten Teil eliminiert.

[0086] In vielen Fällen führt das Empfangsmodul **106** alle notwendigen Signalverarbeitungs- und Modemfunktionen durch, so dass die Datenausgabe vom Empfangsmodul, unter der Kontrolle des Reglers **302** auf einen Anschluss **336** gegeben wird, wie zum Beispiel eine Audioschnittstelle oder eine Mensch-Maschinen-Schnittstelle (MMI = man-machine interface). Ein mit einem analogen Hochfrequenzträger (RF = radio frequency) modulierte Signal, zum Beispiel ein Träger, der mit einem analogen Signal einer Stimme moduliert ist, welches empfangen wird durch das gemeinsame Empfangsmodul **106**, wird zum Beispiel ausgegeben als digitales Sprachsignal und wird zum Beispiel auf einen Sprachanschluss im MMI **336** gegeben, wo es zurückgewandelt wird in ein analoges Audiosignal, und auf die Lautsprecher oder Kopfhörer geschickt wird. Der Pfad zum Anschluss kann entweder ein Bus sein, welcher mehrere CNI-Kanäle und -Anschlüsse bedient, oder es kann ein ausgewählter Pfad aus einem bestimmten Kanal sein, wie zum Beispiel Kanal **324**, auf einen bestimmten Typ von Anschluss, wie zum Beispiel ein Drucker oder ein Faxgerät. Falls notwendig, wird die herkömmliche Busschnittstelleneinheit (BIU) **304** in den Pfad eingeschoben, entweder aus Gründen der Wandlung auf ein normiertes Busprotokoll, oder zur elektrischen Kompatibilität (Zeilentreiber, Spannungstransformation, Isolation u. s. w.), wenn eine solche Kompatibilität nicht innerhalb der gemeinsamen Module **106** und **204** enthalten ist.

[0087] In anderen Fällen wird die Datenausgabe vom Empfangsmodul **106** zunächst durch den Regler **302** geschickt, welcher die integrierten Funkbestandteile inklusive der Systembusse, wie zum Beispiel **322** und **324**, verwaltet und in einigen Anwendungen eine Datenverarbeitungsfunktion durchführt. Er kann auch als Eingangstor für andere Anwendungsbusse dienen, wie zum Beispiel den Bus **336**. Es ist auch möglich, die Regler-, Datenverarbeitungs- und Anschlussstorfunktionen in separaten Modulen weiter aufzuteilen.

[0088] Für besondere Fälle, wenn das Empfangsmodul **106** nicht in der Lage ist, alle Nachrichtenverarbeitungsfunktionen zu handhaben, die mit dem Kanal zusammenhängen, wird ein kanalisiertes Nachrichtenprozessor-(CMP)-Modul **312** dem Empfangsmodul **106** zugeordnet. Ist ein INFOSEC-Modul vorhanden, so wird ein CMP-Modul **316**, welches eine sichere Nachrichtenverarbeitung durchführt, in die sichere (d. h. rote) Seite des INFOSEC-Moduls **314** eingeführt. Der CMP ist analog zu einer Erweiterungsplatine, die einen digitalen Prozessor für spezielle Zwecke mit hoher Geschwindigkeit umfasst. Jedoch werden serielle Daten mit relativ niedriger Geschwindigkeit von dem Empfangsmodul **106** auf das CMP **312** weitergeleitet. Da digitale Verarbeitungshardware kleiner und preiswerter wird im Laufe der Zeit, wird erwartet, dass mehr CMP-Typ-Verarbeitung durchgeführt werden kann innerhalb des gemeinsamen Empfangsmoduls **106** mit akzeptabler zusätzlicher Größen- und Kostenbelastung. An diesem Punkt werden einige CMP-Module nicht notwendig sein. CMP-Funktionen können auch durchgeführt werden in den unten erläuterten INFOSEC-Modulen.

[0089] In dem seltenen Fall, wo eine Multibitverarbeitung mit relativ hoher Geschwindigkeit durchgeführt werden muss an der empfangenen Wellenform vor einer Demodulation, wie zum Beispiel bei einer Verarbeitung vom Typ mit niedriger Wahrscheinlichkeit des Abfangens (LPI = low-probability-of-intercept type processing), kann es notwendig sein, eine solche Verarbeitung in einem separaten speziellen Verarbeitungs- oder Applikationsmodul **310** durchzuführen. Obwohl das Applikationsmodul **310** typischerweise den Platz der Signalverarbeitungselemente innerhalb des digitalen Submoduls **600** (siehe **Fig. 6B**, welche später im Detail zu diskutieren sein wird) einnimmt und normalerweise direkt auf dem schmalbandigen oder breitbandigen A/D-Wandlerausgang **622** des Schalters **606** einwirkt, ist er nicht direkt mit **606** verbunden, da die physische Gemeinsamkeit des Empfangsmoduls **106**, welches den digitalen Abschnitt **600** umfasst, nicht geändert werden sollte. Im Wesentlichen wird die Ausgabe des Schmalband-ADC **604** oder des Breitband-ADC **602** durch **606**, **608** und **614** auf den Applikationsbus **330** geleitet. Das Applikationsmodul **310** wird normalerweise direkt an dem ADC-**602**- oder -**604**-Ausgang betrieben, obwohl einige dazwischen liegende Verarbeitungsschritte über die anderen digitalen Elemente, wie zum Beispiel **608**, **610**, **611**, **612** und sogar **614** möglich sind. Solch eine Verarbeitung außerhalb des Empfangsmoduls **106** erfordert Multibitleitungen, d. h. parallele Zwischenverbindun-

gen, welche als Applikationsbusse bezeichnet werden können, zwischen dem Empfangsmodul **106** und dem Applikationsmodul **310**. Jedoch ist das spezialisierte Applikationsmodul **310** bevorzugterweise angrenzend an das zu bedienende Empfangsmodul **106** angebracht, so dass die elektromagnetische Interferenz (EMI), die bei Multibitleitungen mit mäßiger Geschwindigkeit auftritt, auf ein relativ kleines Volumen begrenzt und minimiert ist.

[0090] Bei den relativ selteneren Fällen des Empfangens eines Signals, das eine zusätzliche Signalverarbeitungsfähigkeit erfordert (zum Beispiel LPI/LPD-Verarbeitung), welche nicht wirtschaftlich durchgeführt werden kann in einem jeden gemeinsamen Empfangsmodul, und wo eine solche Verarbeitung von einem Typ ist, die nicht in wirtschaftlicher Weise in einem CMP-Modul stattfinden kann, kann eine solche zusätzliche Verarbeitung in einem Applikationsmodul stattfinden. In diesem Falle wird unter Bezugnahme auf **Fig. 35** die Ausgabe vom ADC im gemeinsamen Empfangsmodul **3502** und vor der Demodulation eines digitalen Zwischenfrequenzsignals durchgeleitet, möglicherweise mit einer Zwischenverarbeitung in dem gemeinsamen Empfangsmodul, welches nicht zu einer nicht akzeptierbaren Latenz im Empfangssignal auf den Applikationsbus **3504** und dann auf das Applikationsmodul **3506** für die zusätzliche Verarbeitung beiträgt (z. B. LPI/LPD). Nach jeder applikationsspezifischen Verarbeitung kann das Signal entweder zurückgeführt werden auf das gemeinsame Empfangsmodul **3502** über den Applikationsbus **3508** für eine weitere Verarbeitung (wiederum ohne nicht akzeptierbare Signallatenz) vor dem Durchführen des Signals auf den schwarzen Steuerdatenbus **3510** (oder vielleicht einen getrennten schwarzen Nachrichtenbus **3512**) und dann als digitales Informationssignal auf das CMP-Modul **3514**. Oder, nach einer applikationsbezogenen Verarbeitung kann das Signal direkt über das Applikationsmodul **3506** auf den schwarzen Regelungs-/Datenbus **3510** gegeben werden (vielleicht über einen separaten schwarzen Nachrichtenbus **3512**) als das digitale Informationssignal auf das CMP-Modul **3514**. Werden CMP und/oder INFOSEC nicht verwendet, so würde die Ausgabe vom Applikationsmodul **3506** über den Regelungs-/Datenbus **3510** (oder vielleicht über einen getrennten Nachrichtenbus **3512**) als das digitale Informationssignal direkt auf den Systemregler **3516** und/oder externe Benutzeranschlüsse **3518** über Regelungs-/Datenbus **3520** oder einen Nachrichtenbus **3522** mit mehrfachem Zugriff geleitet werden, wobei dann beide Busse schwarz sein würden. Die speziellen Signalleitungspfade werden festgelegt durch das Design der Modulzwischenverbindung (z. B. einer Verbindung an der rückwärtigen Ebene) für die spezielle Systemanwendung. Da die Datenrate für die applikationsspezifische Verarbeitung relativ hoch ist, sind applikationsspezifische Busse parallel und haben höhere Geschwindigkeiten als das serielle digitale Informationssignal.

[0091] Andererseits kann es für einige Anwendungen wünschenswert sein, ein Empfangsmodul für spezielle Zwecke zu verwenden, um die Notwendigkeit für zusätzliche Eingabe-/Ausgabestifte an dem gemeinsamen Empfangsmodul **106** zu eliminieren und um die Datenleitungen mit mäßiger Geschwindigkeit für Extrabits in der rückwärtigen Ebene zu eliminieren. Dieses Empfangsmodul für spezielle Zwecke kann etwas größer sein als ein gemeinsames Empfangsmodul **106** (in der Teilung, aber nicht in der Basisfläche), um die anwendungsspezifischen Funktionen zu enthalten. Selbst dieses Empfangsmodul für spezielle Zwecke würde jedoch die analogen und digitalen Schaltkreise enthalten, die innerhalb des gemeinsamen Empfangsmoduls **106** zu finden sind. Da die Größe und Kosten der digitalen Verarbeitung weiterhin weniger werden, sollte es praktikierbar sein, die zusätzliche Signalverarbeitung innerhalb des gemeinsamen Sende-**204**- und Empfangs-**106**-Moduls unterzubringen mit einer akzeptablen Größe und Zusatzkosten, so dass es ökonomisch und physikalisch akzeptierbar ist, dieses Modul zu verwenden, welches die applikationsbezogenen Funktionen für CNI-Funktionen umfasst, welche nicht die anwendungsspezifischen Funktionalitäten erfordern.

[0092] Wann immer es notwendig ist, können Informationssicherheits-(INFOSEC)-Module, wie zum Beispiel **314**, **318** und **320**, COMSEC (Communication security = Übertragungssicherheit) auf einer Kanalbasis bereitstellen, was häufig die Beschreibung von klassifizierten Nachrichten beinhaltet. Das heißt, dass die Ausgabe eines Empfangsmoduls **106** eingegeben wird auf ein INFOSEC-Modul **314** (siehe **Fig. 3**) bevor sie kombiniert wird mit anderen Daten, und durchgeleitet wird auf den PDR-Regler und/oder verschiedene Anschlüsse. Zusätzlich können die INFOSEC-Module TRANSEC (transmission security = Sendesicherheit) auf einer Kanalbasis bereitstellen, was häufig die Steuerung (wie zum Beispiel einer Kanalfrequenzsprungsequenz) von Einrichtungen umfasst, die in den gemeinsamen Empfangs- und Sendemodulen **106** und **204** untergebracht sind. In solchen Fällen wird der Schlüssel für die Steuerung, wie zum Beispiel der Decodierschlüssel für COMSEC oder die Springsequenz für TRANSEC, in verschlüsselter Form von der INFOSEC-Ladevorrichtung **320** empfangen, wird durch das INFOSEC-Modul **314** geleitet, welches mit dem gewünschten Kanal in Verbindung steht, wird ausgepackt (d. h. entschlüsselt) in entweder dem INFOSEC-Verwaltungsmodul oder dem INFOSEC-Modul und wird auf die Empfangs- und Sendemodule im selben CNI-Kanal über eine Busschnittstelle (entweder den normalen CNI-Steuerungsdatenbus oder einen separaten TRANSEC-Bus) gegeben. Für Anwendungen, welche INFOSEC-Module erfordern, kann es wünschenswert sein, die CMP-Verarbeitung (d. h. die Nachrichtenverarbeitung mit relativ niedriger Geschwindigkeit, die nicht durch das gemeinsame Empfangs-

modul gehandhabt werden kann) in das INFOSEC-Modul zu geben. Die INFOSEC/CMP-Kombination, wie in **Fig. 4** gezeigt, ist insbesondere attraktiv in Fällen, wo die zusätzliche Nachrichtenverarbeitung, die mit einem bestimmten Funkkanal zusammenhängt, sowohl von der nicht verschlüsselten Art (schwarz) und der verschlüsselten Art (rot) ist.

[0093] In Zusammenhang mit der INFOSEC-Fähigkeit stehen ein INFOSEC-Verwaltungsmodul **318** sowie Regeln zum Laden eines Schlüssels über eine Ladeplanele **320**. Der Schlüsselpunkt bei INFOSEC hinsichtlich der Architektur besteht darin, dass es bereitgestellt wird auf einer Kanalbasis, was nicht nur die Implementierung von INFOSEC vereinfacht, sondern auch die Isolierung der INFOSEC-Funktionen zwischen Kanälen mit unterschiedlichen Sicherheitsniveaus. Weiterhin erleichtert das kanalisierte INFOSEC die Zertifizierung des Gesamtsystems, wenn Kanäle hinzugefügt und modifiziert werden. Die Details, wie die auf Kanälen basierende Systemarchitektur eine Mischung aus Information "en clair" und in verschlüsselter Form in einer integrierten Funksystemumgebung handhabt, werden später unter Bezugnahme auf **Fig. 22** gegeben. Weiterhin werden später die Vorteile und Nachteile der zugehörigen INFOSEC-Module mit einem jeden Kanal im Gegensatz zu einer jeden Anwendungsvorrichtung (wie in **Fig. 24** gezeigt) erläutert.

[0094] Der Sendepfad ist ähnlich zu der Umkehrung des Empfangspfads, wobei Daten und digitalisierte Sprache aus verschiedenen Quellen stammen, und unter der Steuerung des Reglers **302** (siehe **Fig. 3**) auf das gemeinsame programmierbare Sendemodul **204** gegeben werden (durch INFOSEC- und CMP-Funktionen, falls durch die Anwendung notwendig). Das Sendemodul **204** enthält sowohl digitale als auch analoge IF/HF-Schaltkreise. Normalerweise gibt es serielle Daten mit relativ niedriger Geschwindigkeit ein, führt eine digitale Modulation und zugehörige Verarbeitungsschritte durch, wie zum Beispiel eine Interpolation und Wellenformerzeugung, um ein gemeinsames Zwischenfrequenzsignal zu erzeugen, führt eine Digital-Analogwandlung durch, eine Frequenzumsetzung des Signals auf das geeignete CNI-Band, und leitet das Basisbandanalogsignal auf die AIU **308**, wo es leistungsverstärkt wird. Das Signal wird dann durchgeleitet auf die geeignete Antenne für eine Abstrahlung in den freien Raum. Ähnlich wie das gemeinsame Empfangsmodul **106** eliminiert das integrierte gemeinsame HF/Digitalsendemodul **204** die Notwendigkeit für Busschnittstellen mit hoher Geschwindigkeit zwischen Modulen.

[0095] Weiterhin gilt, ähnlich wie bei einem gemeinsamen programmierbaren Empfangsmodul **106**, dass die CMP- und INFOSEC-Module verwendet werden können, um ein gemeinsames programmierbares Sendemodul **204** zu komplementieren. Üblicherweise würde ein einzelnes CMP- und/oder INFOSEC-Modul sowohl das Sende-**204**- als auch Empfangs-**106**-Modul bedienen, welche mit einem Halbduplex-CNI-Kanal zusammenwirken. Getrennte Empfangs- und Sende-CMP- und -INFOSEC-Module können verwendet werden für einen Voll-duplex-CNI-Betrieb oder der Voll-duplexbetrieb kann eingebettet sein in ein einzelnes CMP-Modul und INFOSEC-Modul.

[0096] Wie bei dem Empfänger würde das Applikationsmodul **310** den Prozessor **704** (siehe **Fig. 7A**, welche später ausführlicher diskutiert werden wird) ersetzen und über den Bus **330** durch **702** und **708** direkt hindurch mit dem Digital-Analogwandler **710** kommunizieren, obwohl bei einigen Anwendungen zusätzliche Verarbeitung durchgeführt werden könnte durch einige der Elemente im digitalen Submodul **700**.

[0097] Ähnlich zu der Applikationsverarbeitung in einem Empfangskanal und unter Bezugnahme auf **Fig. 35** wird beim Übermitteln eines Signals, welches eine Signalverarbeitung mit einer relativ hohen Rate und über die Fähigkeit eines gemeinsamen Sendemoduls (zum Beispiel LPI/LPD-Verarbeitung) hinausgehend, die digitale Informationssignalausgabe vom CMP-Modul **3514** über den schwarzen Steuer-/Datenbus **3510** (oder vielleicht einen separaten Nachrichtenbus **3512**) weitergeleitet, und zwar vor der digitalen Trägermodulation, auf das Applikationsmodul **3506** für zusätzliche (z. B. LPI/LPD) Verarbeitung, und dann über den Applikationsbus **3508** auf den Digital-Analogwandler im gemeinsamen Sendemodul **3503**, vielleicht mit Zwischenverarbeitung mit ausreichend niedriger Latenz im gemeinsamen Sendemodul **3503**. Alternativ kann die Signalausgabe vom CMP-Modul **3514** über den schwarzen Steuer-/Datenbus **3510** (oder vielleicht einen separaten Nachrichtenbus **3512**) weitergeleitet werden als das Digitalinformationssignal, welches zunächst auf das gemeinsame Sendemodul **3503** gegeben wird zum Verarbeiten bei ausreichend niedriger Latenz, weitergereicht werden an das Applikationsmodul **3506** über den Applikationsbus **3504** für eine Applikationsverarbeitung, und dann über den Applikationsbus **3508** auf den Digital-Analogwandler im gemeinsamen Sendemodul **3503**, vielleicht mit einer Zwischenverarbeitung im gemeinsamen Sendemodul **3503**. Falls CMP oder INFOSEC nicht verwendet werden, empfängt das Applikationsmodul **3506** (oder das gemeinsame Sendemodul **3503**) das Signal direkt vom Regler **3516** oder Benutzeranschlüssen **3518** über entweder den Steuer-/Datenbus **3520** oder den separaten Nachrichtenbus **3522** mit mehrfachem Zugriff, wobei dann beide Busse schwarz wären. Die speziellen Signaldurchleitungspfade werden festgelegt durch das Modulzwischenverbindungsdesign (z. B. die Verbindungen an

der rückwärtigen Ebene) für die jeweilige Systemanwendung.

[0098] Der CNI-Regler **302** (Fig. 3 und 4) verwaltet die zum integrierten Funksystem gehörenden Bestandteile und Schnittstellen der Architektur. Da die Signal-, Nachrichten-, INFOSEC- und BIT-(built-in-test = Selbsttest)-Verarbeitung und -Kontrolle durchgeführt wird auf einer Kanalbasis mit ratenintensiver Kontrolle eines jeden Kanals, der innerhalb des ortsfesten, dem Kanal gewidmeten Hardwarestranges vorgesehen ist (und nicht kreuzgekoppelt ist zwischen Kanälen), können die Vorteile eines zentralisierten Reglers **302** realisiert werden ohne dessen Nachteile, wie zum Beispiel Konfliktauflösungsprobleme, Steuerbusse mit hoher Bandbreite oder den mit einer grundsätzlichen Rezertifizierung verbundenen Problemen, wann immer eine einzelne CNI-Funktion modifiziert wird. Der Regler **302** wird später weiter beschrieben.

[0099] Eine kanalisierte Verarbeitung und Regelung, zusätzlich zu den oben genannten Vorteilen für den Empfang und das Aussenden, erleichtert auch eingebaute Selbsttests (BIT = built-in-test), Fehlereinkreisungstests (FIT = fault-isolation-tests) und die Wartung, da die Prüfung durchgeführt wird auf einer kanalisierten Basis, es vereinfacht die Logistik und den Austausch von Ersatzteilen, da es durchgeführt wird mit einer relativ kleinen Anzahl von Modultypen; es ermöglicht die Zertifizierung eines gegebenen Kanals für eine neue oder modifizierte Funkfunktion (über ein anderes Software-/Firmware-Programm, welches in der Kanalhardware untergebracht wird), ohne die Notwendigkeit, den Kanal für alle früheren Funkfunktionen, welche in der Kanalhardware zertifiziert worden sind, nochmals neu zu zertifizieren; es erleichtert die Sicherheitsisolation zwischen Kanälen; und macht es einfach, das System auf eine größere oder kleinere gleichzeitige Funkfunktionskapazität durch einfaches Hinzufügen oder Löschen von Hardwarekanälen zu skalieren.

[0100] Gleichermaßen wichtig für die Architektur sind die Buszwischenverbindungen, welche einen Verkehrsfluss zwischen den verschiedenen Elementen der Architektur erlauben. Diese flexiblen Buszwischenverbindungen können angepasst werden an jede Anwendung und ermöglichen viele der Vorteile der Architektur gegenüber dem Stand der Technik.

[0101] Weitere herkömmliche Funktionen eines integrierten CNI-Systems, wie zum Beispiel Master-Referenzoszillatoren, Taktgeber und Leistungskonditionierung sind hier der Kürze halber nicht diskutiert, da ein Fachmann in diesem technischen Gebiet geeignete Bauteile bereitstellen kann.

[0102] Ein jeder Typ eines gemeinsamen (Empfangs- und Sende-) Moduls wird für eine spezifische CNI-Funktion programmiert, welche zu diesem Zeitpunkt in diesem Kanal in Verwendung ist. Ist eine CNI-Funktion nicht länger aktiv und wird eine dazu verschiedene CNI-Funktion verwendet, so werden die Empfangs- und/oder Sendemodule für die neue Funktion umprogrammiert durch Laden entsprechender programmierbarer Kanalfunktionseigenschaften aus dem Regler **302** in das(die) Modul(e). Sind zwei CNI-Funktionen gleichzeitig aktiv, so ergeben sich zwei Möglichkeiten. Erstens werden, falls geeignet, die beiden CNI-Funktionen einem Zeitmultiplexverfahren unterzogen durch denselben programmierbaren Kanal durch geeignetes Laden vom Regler **302** oder über einen einfachen Befehl vom Regler, welcher CNI-Funktionen, die im Speicher innerhalb des gemeinsamen Moduls resident sind, einem Zeitmultiplexverfahren unterzieht. Im anderen Fall werden zwei Sätze von Modulen verwendet, um zwei Kanäle bereitzustellen (siehe zum Beispiel Fig. 20, wo entweder der eine oder der andere Kanal kein INFOSEC/CMP-Modul enthalten würde, falls dies nicht benötigt würde), wobei ein jeder Satz so programmiert ist, dass er eine zugewiesene Funktion bedient. Weiterhin kann Redundanz bereitgestellt werden für alle Funktionen über ein einzelnes programmierbares Modul von einem jeden Typ, d. h. ein einzelnes programmierbares Empfangs-**106**- oder Sende-**104**-Modul, je nach Bedarf, kann Redundanz für mehrere Kanäle (siehe zum Beispiel Fig. 10) bereitstellen. Es gibt keine Notwendigkeit, zusätzliche Ersatzkanäle für einen jeden Typ von CNI-Funktionen bereitzustellen.

[0103] CNI-Anwendungen mit einer einzelnen Funktion, wie zum Beispiel taschengroße Funkgeräte, werden bevorzugterweise gehandhabt mittels einer komplett zugeordneten Einheit, da geläufige Dimensionierungsbeschränkungen durch zur Verfügung stehende Technologie auferlegt werden, obwohl die vorliegende Erfindung in solchen Anwendungen mit einer einzelnen Funktion verwendet werden kann, insbesondere da Bauteilgrößen weiterhin sinken werden. Aber der Einzelkanälen zugeordnete modulare Ansatz ist Funkaufbauten mit mehrfacher Funktion dort überlegen, wo die Funktionen nicht alle gleichzeitig verwendet werden, oder bei mehrfachen gleichzeitig arbeitenden Funkaufbauten, welche redundante funktionelle Ersatzhardwarestränge benötigen, oder bei Funkanwendungen mit einer einzelnen Funktion, welche Wachstumsmöglichkeiten oder zukünftige Modifikationen benötigen. Die Ersparnisse in Größe, Gewicht und Kosten, die durch die vorliegende Erfindung bereitgestellt werden, erhöhen sich beträchtlich mit der Anzahl der zu bedienenden Funktionen.

[0104] Da die Architektur einiges "Overhead" hinsichtlich Größe/Gewicht/Kosten aufweist, wenn sie verwen-

det wird für eine Teilmenge von Funktionen, wird die Architektur am besten verwendet für Systemanwendungen, die mehr als eine CNI-Funktion benötigen (oder in der Zukunft benötigen werden), oder wo eine einzelne Funktion zukünftige Modifikationen erfordert. Wird aber nur eine einzelne Funktion (oder einige wenige Funktionen = N) jemals benötigt und falls diese Funktionen niemals geändert werden müssen, dann können Punkt-/dedizierte, nicht programmierbare Aufbauten zur geringsten Größe, dem geringsten Gewicht und den geringsten Kosten führen. Der Wert von N hängt ab von den tatsächlichen Funktionen, die einbezogen sind, und anderen Faktoren wie zum Beispiel der Fähigkeit, Funktionen im Zeitmultiplexverfahren zu verwenden und an die Anforderungen hinsichtlich der Redundanz. Andererseits kann der durch Verwendung der gemeinsamen Module der vorliegenden Erfindung bei vielen verschiedenen Typen von Anwendungen erzielte enorme Skalierungskostenvorteil trotzdem den Ansatz nach der vorliegenden Erfindung in die Lage versetzen, die kostengünstigste Lösung für Einzel-CNI-Funktionen zu sein.

[0105] Ohne die Architektur (zuzüglich damit verbundener Module) war die Idee für einen total programmierbaren gemeinsamen Modulkanal niemals zu verwirklichen. Sicherlich besteht ein großer Unterschied darin, lediglich identische programmierbare Kanäle oder die Entwicklung einer Architekturaufteilung vorzuschlagen, welche die Herstellung von kompakten, erschwinglichen, programmierbaren, gemeinsamen Modulen verwirklichtbar macht. Die praktische Durchführung aller hauptsächlich CNI-Signalabläufe in einer einzelnen Empfangs- oder Sendeeinheit von kompakter Größe ist wichtig, um die Vorteile der vorliegenden Erfindung zu erzielen. Die Architekturunterteilung (sowohl hinsichtlich des Kanals als auch hinsichtlich der Funktion innerhalb eines jeden Kanals) macht dies möglich.

[0106] Die Hauptelemente der offenbarten Architektur für ein integriertes CNI-Funksystem gemäß der vorliegenden Erfindung sind in **Fig. 3** gezeigt, während die durchführbaren Funktionen in **Fig. 4** gezeigt sind. Schnittstellen, deren Elemente außerhalb der Architektur liegen (Antennen, Busse und Anschlüsse) sind auch gezeigt. Nicht alle diese Elemente sind bei jeder Anwendung verwendet.

[0107] Verschiedene Abwandlungen der Architektur liegen im Bereich des Fachwissens des Fachmanns. Zum Beispiel können kleine/tragbare Anwendungen mit weniger funktionellen oder verkehrsmäßigen Anforderungen die Nachrichtenbusse für Steuerung/Daten und mehrfachen Zugriff (MA = multiple access) kombinieren. Nichtsdestotrotz bietet die in der Architektur offenbarte Modulunterteilung immer noch den geringsten Gesamt-"Overhead" bei der Systemhardware und bei den Kosten für praktisch alle Mehrfach-CNI-Anwendungen, und hat die Flexibilität, dass sie mit einer breiten Palette von externen Geräten über Schnittstellen verbunden werden kann.

[0108] Die Module und Zwischenverbindungen, die für die Architektur relevant sind, werden nun erläutert. Referenzoszillatoren, Leistungskonditionierungselemente und andere Elemente, die nicht in besonderer Weise einschlägig sind für die Architektur, und welche von den Fachleuten auf diesem Fachgebiet bereitgestellt werden können, inklusive externer Elemente wie Antennen, werden nicht im Detail erläutert. Ebenfalls nicht erläutert werden die analogen und digitalen Zwischenverbindungen zwischen diesen nicht bedeutsamen Elementen und den Elementen gemäß der Architektur.

[0109] Die allgemeine Funktion der Module und Schnittstellen wird zunächst diskutiert, gefolgt von Architekturbeispielen für verschiedene Anwendungen. Die meisten Elemente sind bevorzugterweise zentral angebracht in einem oder mehreren Gestellen. Aber einige Elemente, insbesondere Teile der AIU, können bei bestimmten Anwendungen weiter beabstandet sein.

[0110] Ein Hauptmerkmal der erfindungsgemäßen Architektur ist die Unterteilung der HF-Hardware zwischen Kanälen und innerhalb eines jeden Kanals in nicht gemeinsame Antennenschnittstellenmodule oder Einheiten (AIU) **308** (siehe auch **104** in **Fig. 1** und **2**) und das gemeinsame Empfangs-**106**- und gemeinsame Sendemodul-**204**, wie in **Fig. 3** und **4** gezeigt. Eine AIU (siehe **Fig. 5**) kann maßgeschneidert werden für bestimmte CNI-Funktionen und spezifische Plattformanwendungen. Zum Beispiel können als ein typisches Minimum AIU bevorzugterweise Bandpassfilter enthalten für spezielle CNI-Funktionen, und die Arbeitsweise solcher Filter wäre festgelegt durch das Zusammenwirken, welches in Verbindung steht mit einer gegebenen Anwendung, obwohl andere Komponenten, wie zum Beispiel die Leistungsverstärkung, die notwendig ist für eine gegebene Sendeanwendung, gebraucht werden könnte für eine minimale AIU-Konfiguration und in einigen Fällen die minimale Konfiguration vielleicht keine Filter oder Verstärkung benötigt.

[0111] Ein Aufteilen von nicht gemeinsamen HF-"Vorderseiten"-Operationen zwischen Kommunikations-, Navigations- und Identifikations-(CNI)-Funktionen und zwischen CNI-Anwendungen in nicht gemeinsame Antennenschnittstelleneinheiten (AIU) **308** reduziert erheblich den "Overhead"-Aufwand für die programmierbaren

gemeinsamen Empfangs-**106**- und Sende-**204**-Module, und zusammen mit einer Architekturunterteilung für die anderen Module, was später diskutiert wird, führt dies zu einer Lösung mit geringer Größe, Gewicht und Kosten für einen integrierten CNI-Aufbau.

[0112] AIU **308** werden typischerweise einen niedrigen Prozentsatz der gesamten Kanalhardware umfassen, die einer bestimmten CNI-Radiofunktion zugeordnet ist. Wie angemerkt, kann eine jede AIU **308** maßgeschneidert sein für spezifische CNI-Funktionen und -Systemanwendungen, obwohl eine einzelne AIU maßgeschneidert sein kann für mehrere CNI-Anwendungen und zusammen mit einem gemeinsamen Empfangs- und (möglicherweise) gemeinsamen Sendemodul verwendet werden kann, wie zum Beispiel die AIU/PA für die Funktionen #m-n in **Fig. 10**. Weiterhin können viele AIU-Elemente (Verstärker mit niedrigem Rauschen, Schalter, Empfängerschutzvorrichtungen, gefilterte PA, u. s. w. – siehe **Fig. 5**) gemeinsam sein für verschiedene CNI-Funktionsanwendungen, um zusätzliche Einsparungen durch Skalierung auf andere Wirtschaftsstufen zu erhalten.

[0113] Für den Signalempfang, wie in **Fig. 5** veranschaulicht, umfasst die Architektur der Erfindung den ersten Funkfrequenz-(HF)/Zwischenfrequenz-(IF = intermediate frequency)-Frequenzumsetzer **400** (d. h. einen Mischer) in einem Empfangskanal als das erste Element in dem gemeinsamen Empfangsmodul **106**. Alle anderen HF-Analogkomponenten, die dem Mischer **400** voranstellen, sind in einem separaten AIU-Modul oder Modulen **308** in einem Gehäuse untergebracht. Das erste dem Mischer **400** vorangehende Element ist typischerweise ein analoger Signalverstärker mit niedrigem Rauschen, wie zum Beispiel **418**, obwohl einige Funkfunktionen keinen Verstärker benötigen können. Da die Größe, Kosten und das Leistungsvermögen der Elemente, welche dem Mischer **400** voranstellen, wie z. B. auch Verstärker und Empfängerschutzvorrichtungen, sich verbessern, kann es vorteilhaft werden, diese Bauteile in dem gemeinsamen Empfangsmodul **106** unterzubringen. Weiterhin gibt es nur eine einzelne analoge HF-Verbindung zwischen dem AIU-Modul und dem gemeinsamen Empfangsmodul **106**, und es besteht keine Notwendigkeit für mehrfache analoge Signalausgaben auf verschiedene HF- und IF-Stufen. Das analoge Empfangsmodul **106**, wie ausführlicher beschrieben mit Bezugnahme auf die **Fig. 6A** und **6B**, verwendet mehrere erste IF, welche eine Durchstimmung über das gesamte HF-Band im ersten Mischer erlauben. Ebenfalls in **Fig. 5** gezeigt, sind im Wesentlichen alle der herkömmlichen HF-Empfangselemente, welche dem ersten Mischer vorangehen können, und welche in der AIU **308** untergebracht sind.

[0114] Es ist auch möglich, in den AIU mehr als die analoge Funkfunktionalität des gemeinsamen Empfangsmoduls **106** aufzunehmen, zum Beispiel kann man in den AIU den ersten Mischer **506** aufnehmen, einen Teil der Filterbank **508** und den durchstimmbaren L01 **504**. Tut man dies, so erlaubt dies zum Beispiel, nur den Teil der Filterbank zu verwenden, welcher für die Funkfunktion (oder -funktionen) gebraucht wird, die spezifisch sind für die AIU, wodurch insgesamt Systemhardware eingespart wird. Es würde auch ein Maßschneidern des Leistungsvermögens dieser oben genannten Elemente auf die Funkfunktion (oder -funktionen) ermöglichen, die für die AIU spezifisch sind. Es würde auch nicht gegen den Geist der vorliegenden Erfindung verstoßen, falls eine Architektur, die Kanalfunktionalität zwischen funktionsspezifischen AIU und gemeinsamen Empfangsmodulen mit einem relativ einfachen analogen (im letztgenannten Fall IF anstelle von HF) und digitalen Signalschnittstellen unterteilen würde. Trotz der Gesamteinsparungen bei Hardware und der vielleicht etwas verbesserten Leistungsfähigkeit, die durch die Unterteilungskanalfunktionalität bereitgestellt würden, wird die Unterteilung des ersten Mixers **400** in **Fig. 5** (**506** in **Fig. 6A**) jedoch immer noch bevorzugt, da der gesamte Synthesizer **502** in derselben modularen Einheit untergebracht ist, und da Einsparungen der Skalierung auf andere Wirtschaftsstufen erreicht werden durch Verwendung des gemeinsamen Empfangsmoduls mit dem Mischer **506**, der Filterbank **508** und dem durchstimmbaren L01 **504** in verschiedenen Systemanwendungen und in vielen Kanälen derselben Systemanwendung.

[0115] Bei der einfachsten Anwendung ist die AIU **308** lediglich ein Filter. In einer typischen komplexen Anwendung, wie zum Beispiel bei VHF- und UHF-Funkgeräten, die in großer Nähe zueinander in Betrieb sind, werden herkömmliche Antennenschalter **402** bereitgestellt, um zwischen Antennen umzuschalten, die verschiedene Sende-/Empfangsfunktionen durchführen.

[0116] Ein herkömmlicher HF-Filter **408** kann auch bereitgestellt werden, um jedwede notwendige Isolation der verschiedenen durch die Antennen empfangenen Funkbandsignale durchzuführen. Wird dieselbe Antenne sowohl für Empfangs- als auch für Sendefunktionen entweder sequenziell oder parallel verwendet, so kann ein Sende-/Empfangs-(T/R)-Duplexer **410** bereitgestellt werden. Falls die T/R-Funktionen gleichzeitig auftreten, kann der Duplexer **410** ein Frequenzmultiplexer oder ein Zirkulator werden. Ist nur eine Empfangs- oder Sendefunktion zu einem bestimmten Zeitpunkt aktiv, so kann der Duplexer **410** ein T/R-Schalter werden. Enthält der Duplexer **410** Signalisolationfilter hoher Güte, so kann die Verwendung eines Duplexers **410** die Eliminie-

zung des Filters **408** erlauben. Und in einigen Fällen können der Filter **408**, der Duplexer **410** und möglicherweise auch der Filter **412** ersetzt werden durch einen aufwändigen durchstimmbaren Antennenmehrfachkopppler (nicht gezeigt), welcher mehrere Empfangs- und Sendekanäle auf dieselbe Antenne koppelt, entweder über Verbindungen auf andere AIU **409** oder über zusätzliche Rx/Tx-Funktionalstränge in dieselbe AIU **308**. Ein herkömmlicher durchstimmbarer Filter **412**, welcher geregelt werden kann durch das Empfangsmodul **106** oder das Sendemodul **204** kann bereitgestellt werden, um unerwünschtes Signalrauschen oder Übersprechen weiter zu eliminieren und um das interessierende Signal aus vielen Signalen oder einer starken Interferenz herauszuholen. Ist der Empfänger **106** in potenziell schädigenden elektromagnetischen (EM) Orten angebracht, so kann ein herkömmlicher Schutzschaltkreis **414** bereitgestellt werden, um starke HF-Signale daran zu hindern, den Empfänger zu beschädigen. Unter bestimmten Umständen, zum Beispiel bei starken Signalbedingungen mit dynamischen Leistungspegeln, wird eine herkömmliche automatische Verstärkungskontroll-(AGC = automatic gain control)-Schaltung **416** unter der Kontrolle des Empfangsmoduls **106** in der AIU **308** enthalten sein. Zum Beispiel wird der AGC-Pegel über im Empfangsmodul **106** durchgeführte Signalmessungen und anschließende Befehle auf die AIU **308** über den AIU-Kontrollbus **326** eingestellt. Ein herkömmlicher Verstärker mit niedrigem Rauschen (LNA = low noise amplifier) **418** kann auch bereitgestellt werden, um dem empfangenen Signal eine Leistungsverstärkung aufzuprägen, um die Empfindlichkeit zu verbessern, bevor es abwärts-gewandelt wird. In seltenen und ungewöhnlichen Situationen, wo ein Signal außerhalb des Frequenzdesignbereichs des Empfangsmoduls **106** liegt, können eine herkömmliche Abwärtswandlungsblockeinheit **420**, die einen Referenzoszillator enthält, und ein Mischer bereitgestellt sein, um das empfangene Signal in den Frequenzbereich des Empfangsmoduls **106** zu bewegen.

[0117] Eine Blockumwandlungseinheit **422** kann auch in dem Sendesignalpfad enthalten sein. Ist die Blockfrequenzumwandlung in der AIU **308** enthalten, so dehnt sie den Frequenzbereich oberhalb und unterhalb des typischen Frequenzbereichs (2 MHz bis 2 GHz) des gemeinsamen Empfangs- oder Sendemoduls aus oder füllt die Lücken zwischen ungefähr 2 MHz und 2 GHz, wo solche Lücken existieren, aufgrund von Implementierungsbetrachtungen für gemeinsame Empfangs- und Sendemodule. Typische Beispiele sind die Nur-Empfangs-"Omega Navigation and Automatic Direction Finder"-Vorrichtung, die unterhalb von 1,5 MHz arbeitet, und Nur-Empfangsmikrowellenlandesysteme, die nahe 5 GHz arbeiten. Sendebeispiele umschließen den Betrieb in gewerblichen, medizinischen und wissenschaftlichen (IMS = industrial, medical and scientific) Bändern oberhalb von 2 GHz.

[0118] Erfordert der Kanal Redundanz oder andere Anforderungen, wo das Signal vom Empfangsmodul **106** oder vom Sendemodul **204** durchgeführt werden müssen, so können herkömmliche Signalverteilungseinheiten **424** und **426** bereitgestellt werden. Dies können herkömmliche Schalter oder herkömmliche Leistungsteiler oder -kombinierer sein. Die Sende- und Empfangssignalverteilungseinheiten **424** und **426** dienen typischerweise für: (1) Teilen eines gemeinsamen Empfangs-**106**- oder Sende-**204**-Moduls zwischen verschiedenen AIU **308**, die spezifisch sind für verschiedene CNI-Funktionen, und (2) Bereitstellen von Ersatz-Empfangs-**106**- oder -Sende-**204**-Modulen, welche umprogrammiert werden können, um verschiedene CNI AIU zu unterstützen im Falle des Ausfalls des primären Empfangs- oder Sendemoduls.

[0119] Die tatsächlich in einer AIU **308** verwendeten Elemente und ihre Anordnung in dem Strang hängen von der spezifischen Anwendung ab. Zum Beispiel könnte eine Empfängerschutzvorrichtung **414** und AGC **416** dem durchstimmbaren Filter **412** vorangestellt sein und es könnte ein Spiegelbildrauschfilter nach LNA **418** vorgesehen sein. Es könnte auch einen Filter nach dem Leistungsverstärker **428** vor dem T/R-Duplexer **410** geben. Einige Kommunikations-, Navigations- und Identifikations-(CNI)-Funktionen erfordern nur einen Eingabebandpass- oder Tiefpassfilter in der AIU. Andere CNI-Funktionen und Anwendungen können Empfängerschutz, AGC und/oder Vorverstärkung erfordern. Der Betrieb auf einem Parallelplatz kann es erforderlich machen, dass eine durchstimmbare Vorwähleinrichtung oder ein Filter verwendet wird, um Interferenz außerhalb des spezifischen Kanals abzuwehren, der verwendet wird, aber immer noch innerhalb des Bandes des Betriebs für die CNI-Funktion.

[0120] Für die Signalausendung wird die Ausgabe des Anregers oder gemeinsamen Sendemoduls **204** in die AIU **308**, wie in Fig. 5 gezeigt, eingespeist. Die typische Trennung eines Sendemoduls gemäß der vorliegenden Erfindung findet bei der Ausgabestufe des gemeinsamen Sendemoduls **204** statt, welches über genügend Leistung und Leistungsvermögen verfügt, um die externen Verstärkungsstufen zu treiben, die mit den verschiedenen Typen von Funkfunktionen zusammenhängen, wobei eine jede in einem unterschiedlichen Teil des breiten Frequenzbandes arbeitet, welches von dem gemeinsamen Sendemodul **204** bedient wird. Funktionell ist ein herkömmlicher Leistungsverstärker, und zwar entweder ein Schmalband- oder Breitbandleistungsverstärker, bei dem es sich weiterhin um einen gefilterten Leistungsverstärker handeln kann, der entweder schmalbandig oder breitbandig ist und der in der AIU **308** enthalten ist, obwohl er physisch unterteilt sein kann,

abhängig von der Anwendung. Hochlineare Verstärker **430** sind eingeschlossen im Ausgabepfad des gemeinsamen Anregungs- oder Sendemoduls **204**, und ungefähr derselbe Ausgabepegel wird für alle CNI-Funktionen beibehalten. Typischerweise wird der letzte Frequenzumsetzer im gemeinsamen Sendemodul vor den Verstärkern **430** einbezogen. Auf diese Weise ist das programmierbare Sendemodul **204** allen CNI-Funktionen gemeinsam. Ebenfalls gezeigt sind typische HF-Elemente, die in dem Sendepfad der AIU **308** enthalten sind, was auch den T/R-Duplexer **410** umfasst. Wie die Empfangskette, hängen auch die tatsächlich verwendeten Elemente und ihre Anordnung in dem Strang von der spezifischen Anwendung ab. Insbesondere ist die Verwendung und die Anordnung eines herkömmlichen Postselektorfilters **432** zwischen den verschiedenen Verstärkerstufen maßgeschneidert auf die Anwendung, abhängig von Ausstrahlbedingungen. Andere Funktionalitäten, wie zum Beispiel Antennendurchstimmung, welche normalerweise beabstandet angebracht ist (wie zum Beispiel eine HF-Antennendurchstimmvorrichtung), und durchstimmbares Antennenmultiplexing auf gehobenem Niveau können auch als Teil der AIU-Funktionalität betrachtet werden, selbst wenn die Funktionalität beabstandet angebracht sein sollte. AIU sind nicht nur maßgeschneidert für spezielle Funkfunktionen, sondern können auch maßgeschneidert sein für verschiedene Funksystemanwendungen. Zum Beispiel können die Anforderungen an die Flankensteilheit der Filterkurve von AIU-Filtern bestimmt werden durch Interferenzsignalbedingungen, die auftreten bei spezifischen Systemanwendungen, wodurch erzwungen wird, dass höheres Leistungsvermögen und somit (größere und teurere) Filter in einigen Anwendungen verwendet werden müssen. (Dementsprechend werden Leistungsverstärker mit unterschiedlichen Leistungsausgaben für verschiedene Anwendungen verwendet).

[0121] Obwohl die AIU normalerweise als eine Einheit betrachtet wird, die mit drahtlosen Funkübertragungen zusammenhängt, kann sie leicht zu einer HF-Schnittstelleneinheit verallgemeinert werden, die Schnittstellen zu anderen Sendemitteln umfasst. Zum Beispiel könnte eine HF-Schnittstelleneinheit einen Lichtwellenmodulator (oder -demodulator) umfassen, um einen Laser oder andere optische Träger mit dem HF-Signal zu modulieren oder demodulieren (oder das HF-Signal wiederzugewinnen), welches bedient werden kann durch die gemeinsamen Sende-(oder gemeinsamen Empfangs-)Module, die mit der Aussendung im freien Raum oder über Faseroptiken verbunden sind.

[0122] Unter Bezugnahme auf **Fig. 5** empfängt die AIU **308** Steuerdaten (z. B. Schalter-, Filter- und Verstärkungseinstellungen) über einen AIU-Empfangssteuerbus **432** direkt von dem gemeinsamen Empfangsmodul **106** in dem entsprechenden Kanal der AIU. Damit CNI-Sendefunktionen Daten aussenden, wie zum Beispiel eine Durchstimminformation, werden Steuerbefehle für die momentanen Modulationspegel und die Leistungspegelkontrolle über einen AIU-Sendekontrollbus **434** von dem gemeinsamen Sendemodul **204** in den der AIU entsprechenden Kanal gesendet. Weiterhin können für verschiedene Sendebefehle, die ein Antwortverhalten mit kurzer Zeit benötigen, wie zum Beispiel Transponderantennenauswahl, TIR-Auswahl oder Impulsformeintakten diskrete Sendeleitungen (nicht gezeigt) ebenfalls bereitgestellt werden von dem gemeinsamen Sendemodul **204** auf die AIU **308**. Ein in der AIU vorgesehener Selbsttest (BIT = built-in test) kann eingeleitet werden entweder über den AIU-Empfangssteuerbus **432** oder den Sendekontrollbus **434**. In gleicher Weise kann der AIU-Status zurückgemeldet werden auf CNI-Regler entweder über den AIU-Empfangssteuerbus **432** oder den Sendesteuerbus **434**.

[0123] Obwohl nicht ausdrücklich in **Fig. 5** gezeigt, können in Zusammenarbeit mit den Signalverteilern **424** und **426** Leistungsaufteiler und/oder -kombinierer bereitgestellt werden. Der Empfangs- und Sendesignalverstärkungsfaktor, der der AIU **308** zugeordnet ist, zum Beispiel in den Verstärkern **418** und **428**, ist so ausgelegt, dass diese herkömmlichen Vorrichtungen eine ausreichende Leistung bereitstellen von diesen Ersatzmodulen weg und zu diesen hin, so dass ein Umschalten auf die Ersatzmodule nahtlos erfolgen kann.

[0124] Wie auch mit den anderen Modulen, können die AIU **308** physisch an einem anderen Ort lokalisiert sein. Normalerweise werden die AIU-Module **308** in denselben Gestellen untergebracht sein wie die anderen Funkmodule. Jedoch können in einigen Applikationen die AIU **104/308** (oder Teile hiervon) von den Antennen beabstandet positioniert sein.

[0125] Die Architektur versucht nicht, ein jedes Sende- oder Empfangsmodul mit einer jeden Antenne zu verbinden, da dies dazu führen würde, dass große, teure und komplexe HF-Schaltungsmatrizen benötigt würden, welche die physische Zwischenverbindung zwischen Modulen verkomplizieren würde. Und eine solche volle Verbindbarkeit wird nicht benötigt, wie später unter Bezugnahme auf **Fig. 23** erläutert werden wird.

[0126] Jedoch können Funkfrequenzschaltmodule **306**, die mit einem jeden Kanal zusammenhängen (siehe **Fig. 3**) und in **Fig. 5** als Signalverteilungsmodule **424** und **426** gezeigt sind, in der Architektur der vorliegenden Erfindung eingeschlossen sein und sind konventionell in ihrer Natur, insofern als sie primär aus digital steuer-

baren Einzelpol-Mehrfachumschalter (SPMT = single-pole multi-throw) bestehen. Die Schalter solcher Module **306** (welche in den Signalverteilungselementen **424** und **426** enthalten sein können und welche auch separat gezeigt sind als einzelne **1002**, **1004**, **1102** und **1104** in den Fig. 10 und 11) helfen der Architektur des vorliegenden Systems dabei, aus seinen Wirkungsgraden hinsichtlich der Systemredundanz Kapital zu schlagen. Wohingegen herkömmliche Architekturen mit N verschiedenen Arten von Kanälen N Ersatzkanäle für ein komplett redundantes System benötigen, benötigt die Architektur der vorliegenden Erfindung typischerweise nur einen Extraersatzkanal, der aus einem gemeinsamen programmierbaren Empfangsmodul **106** und einem gemeinsamen programmierbaren Sendemodul **204** besteht. Die Empfangs- und Sendeelemente in diesem Ersatzkanal werden umgeschaltet als Ersatzteile über herkömmliche Einzelpol-Mehrfachumschalter (SPMT), die jedem Typ von Ersatzmodul (siehe Fig. 10 und 11 sowie die Diskussion hierfür für weitere Details) zugeordnet sind. Zusätzliche Niveaus der Redundanz werden durch Hinzufügen von Extraersatzteilen über SPMT-Schalter ermöglicht.

[0127] Beim Empfang teilt ein Leistungsteiler in den AIU die mehrfachen Signalwege auf und speist sie in verschiedene gemeinsame Empfangsmodule, manchmal durch Einzelpol-Mehrfachumschalter (SPMT) **1002** und **1004**, auf mehrere Ersatzempfangsmodule, wobei ein beliebiger SPMT-Schalter wiederum verwendet wird, um ein Ersatzempfangsmodul **1006** und **1008** mit verschiedenen AIU zu verbinden, wie in Fig. 10 und 11 gezeigt. Beim Senden kombiniert ein Leistungskombinierer in der AIU mehrere Signale von verschiedenen gemeinsamen Sendemodulen, manchmal durch SPMT-Schalter **1004** und **1102**, wobei ein jeder SPMT-Schalter seinerseits verwendet wird, um ein Ersatzsendemodul **1008** und **1106** mit verschiedenen AIU zu verbinden, wie in den Fig. 10 und 11 gezeigt. SPMT-Schalter **1002**, **1004**, **1102** und **1104** können in den verschiedenen AIU im Gehäuse untergebracht sein, oder, um die Eingabe-/Ausgabekomplexität der AIU zu reduzieren, können die SPMT-Schalter in verschiedenen separaten Modulen im Gehäuse untergebracht sein.

[0128] Da ein jeder SPMT-Schalter in einem Modul **306** direkt zugeordnet ist zu einem gemeinsamen Empfangs-**106**- oder Sendemodul-**204**, sind diese Schalter nicht die Ursache für Einzelpunktausfälle, welche unabhängig sind von dem gemeinsamen Empfangs-**106**- oder Sendemodul-**204**. Das heißt, dass, falls einer der SPMT-Schalter ausfällt, dies als Ausfall des gemeinsamen zugeordneten Empfangs- oder Sendemoduls betrachtet wird. Bestimmt man die Zuverlässigkeitsparameter des Gesamtsystems, so ist das MTBF eines SPMT-Schalters (plus zugehörige Zwischenverbindungen) enthalten in den MTBF eines zugeordneten gemeinsamen Empfangs- oder Sendemoduls. Somit schließt der Einschluss dieser Schalter nicht die unmittelbare Skalierung der Architektur durch simples Hinzufügen von HF-Kanälen aus.

[0129] Für einige Anwendungen sind diese SPMT-Schalter eingeschlossen in den Signalverteilern **424** und **426** innerhalb der AIU **308**. Jedoch kann es bei anderen Anwendungen wünschenswert sein, diese Schalter in einem separaten Modul im Gehäuse unterzubringen, wegen HF-Eingabe-/Ausgabebetrachtungen in den AIU, und um das System leichter anpassbar an HF-Modifikationen zu machen. Verschiedene Optionen sind verfügbar zum Kontrollieren dieser SPMT-Schalter. Da die SPMT-Schalter jeweils einem gemeinsamen Empfangs-**106**- oder Sendemodul-**204** zugeordnet sind, können sie durch den AIU-Empfangskontrollbus **432** (von dem zugeordneten Ersatzempfangsmodul) oder dem Sendesteuerbus **434** (von dem zugeordneten Ersatzsendemodul) gesteuert werden. HF-Isolation in den AIU von dem ausgefallenen Kanal wird ausreichend sein in den meisten Leistungsteilern und Leistungskombinierern, vorausgesetzt, dass in den AIU eine solche zusätzliche Isolationschaltung nicht gebraucht wird.

[0130] Wird jedoch eine zusätzliche Isolierung von einem ausgefallenen Empfangs- oder Sendemodul benötigt, so kann eine fehlertolerante Verschaltung in der AIU **308** implementiert werden. Diese Umschaltung kann digital gesteuert werden entweder über den AIU-Steuerbus oder über den Sendesteuerbus oder, falls aufgrund von allgemeinen globalen Systemüberlegungen gewünscht, kann diese AIU-Umschaltung direkt gesteuert werden durch den CNI-Regler über redundante CNI-Steuer-/Datenbusverbindungen.

[0131] Die oben genannte Diskussion ging davon aus, dass die Antennen eine Einzelfunktion aufweisen oder zumindest mehrere Funktionen, welche zeitlich aufgeteilt werden können durch dieselben Empfangs- oder Sendekanäle. Futuristische Antennen können vielleicht mehrere CNI-Funktionen kombinieren, die gleichzeitig betrieben werden müssen, d. h. getrennte Kanäle verlangen. In diesem Falle kann der HF-Filter **408** tatsächlich ein Frequenzdemultiplexer (beim Empfang) und Frequenzmultiplexer (beim Senden) werden, mit mehrfachen Ausgabe-(und Eingabe-)Verbindungen zu zusätzlichen Empfangs- und Sendekanälen, wobei separate "Vorderseiten"-Bauteile, wie **412**, **414**, **416**, u. s. w., umfasst sind, ebenso wie separate gemeinsame Empfangs- und Sendemodule. Ein Beispiel liegt dort vor, wo eine einzelne Antenne sowohl VHF-UKW- als auch VHF-Mittelwelle-Bänder bedient, und wo Funkgeräte gleichzeitig in einem jeden Band arbeiten. Der Filter **408** wird dann ein Diplexer **408** mit zwei Verbindungen zur rechten Seite von **408**. Eine Verbindung geht auf einen

T/R-Duplexer (plus andere Bauteile) für VHF-Funk und die andere geht auf einen T/R-Duplexer (plus andere Komponenten) für UHF-Funk.

[0132] Das programmierbare gemeinsame Empfangsmodul **106**, welches ausführlicher in **Fig. 6A** (analoges Submodul **500**) und **Fig. 6B** (digitales Submodul **600**) gezeigt ist, kann einen breiten Bereich von CNI-Funktionen ungefähr im Bereich von 1,5 MHz bis 2000 MHz bedienen mit einer Option, diesen Bereich nach oben zu höheren oder nach unten zu niedrigeren Frequenzen auszudehnen, die eine Blockumwandlung verwenden.

[0133] Ein wichtiges Merkmal der Architektur des Empfangsmoduls **106** ist die Unterteilung des Systems in Analog-**500**- und Digital-**600**-Submodule, welche bevorzugterweise verschiedenen Schaltplatinen entsprechen, mit getrennten Leistungs-/Erdungsquellen, und welche es ermöglichen, dass die ein Rauschen erzeugenden digitalen Schaltkreise adäquat isoliert und abgeschirmt sind von den Bauteilen auf der analogen Seite. Für die Zwecke der Herstellung, des Testens u. s. w. können die analogen und digitalen Submodule im selben gemeinsamen Empfangsmodul **106** (oder im selben gemeinsamen Sendemodul **104**) auf derselben Platine enthalten sein, aber mit analogen und digitalen Abschnitten, die voneinander elektrisch isoliert sind, oder ein jedes Submodul kann aus mehreren physikalisch getrennten Platinen bestehen, welche ordentlich miteinander verbunden sind. Weiterhin ist der Ausdruck "Platine" ein allgemeiner Ausdruck, welcher auch andere Formen einer Aufnahmevorrichtung umfassen kann, wie zum Beispiel "Chips", anwendungsspezifische integrierte Schaltkreise (ASIC), monolithische Hybridpackungen (MHP), u. s. w. Weiterhin können wesentliche Teile eines jeden Submoduls in höheren Niveaus der Integration kombiniert werden. Zum Beispiel können viele der individuellen Elemente im digitalen Submodul **600** (oder im digitalen Submodul **700**) kombiniert sein in einem einzelnen Element oder "Chip", oder die gesamte digitale Schaltung kann sogar in einem jeden der Submodule konsolidiert sein in einem einzelnen Element, um möglicherweise hinsichtlich der Größe, Kosten und der Leistungsdissipation Einsparungen zu erzielen. Unabhängig von dem spezifischen mechanischen Aufbau sind die analogen und digitalen Bereiche der digitalen Submodule **600** und **700** in den nachfolgenden Beschreibungen elektrisch voneinander isoliert, um die relativ rauschhaltigen digitalen Schaltkreise daran zu hindern, unerwünschte Fremdsignale in den empfindlichen Analogschaltkreisen zu erzeugen.

[0134] Das analoge Empfängersubmodul **500** (siehe **Fig. 6A**) empfängt typischerweise ein HF-Signal von der AIU **308**. Das Submodul **500** umfasst einen Frequenzsynthesizer **502**, welcher interne Oszillatorreferenzsignale erzeugt aus einem eingegebenen Referenzoszillatorsignal, wobei diese Referenzsignale verwendet werden zur Erzeugung eines durchstimmbaren lokalen Oszillatorsignals in einer durchstimmbaren lokalen Oszillatoreinheit **504** und fixierten lokalen Oszillatorsignalen, die hergestellt werden durch eine fixierte lokale Oszillatoreinheit **505**. Das durchgestimmte lokale Oszillatorsignal wird zunächst auf einen ersten Analogmischer **506** gegeben, welcher typischerweise die erste Frequenzumsetzung des HF-Signals durchführt. Das hergestellte analoge Zwischenfrequenzsignal wird auf eine durchschaltbare Bandpassfilterbank **508** gegeben, welche verschiedene Bandpassfilter enthält. Vier solcher Filter stellen normalerweise eine ausreichende Unterdrückung dar in der ersten IF-Stufe der HF-Interferenz, welche zusammen mit dem interessierenden Signal über einen großen Bereich von CNI-Anwendungen empfangen wird. Zusätzlich zu der Interferenz-unterdrückung unterdrücken diese Filter ein Lecksignal des lokalen Oszillators durch den Mischer **506** und unterdrücken auch Bilder, beiläufige Mischungsergebnisse, Oberwellen und andere unerwünschte Signale, die erzeugt werden durch empfangene Signale (inklusive Interferenz), die mit den Nichtlinearitäten der Bauteile vor dem Mischer im Empfangspfad reagieren.

[0135] Das herausgefilterte Zwischensignal kann durch einen Schalter **510** auf einen zweiten Mischer **512** gegeben werden, welcher ein weiteres Zwischenfrequenzsignal erzeugt. Diese zweite analoge Zwischenfrequenzsignal wird auf einen primären Breitband-Alias-Unterdrückungsschaltkreis **514** gegeben, welcher im Wesentlichen ein fixierter Bandbreitenbandpassfilter mit einem Bandpassbereich von ungefähr 8 MHz und einer Mittenfrequenz von 30 MHz ist. Das Alias-unterdrückte Signal kann sich entweder längs des breitbandigen Signalpfads durch den Schalter **516** ausbreiten oder wird umgeschaltet auf den Schalter **518**, um den Rest des schmalbandigen Signalpfads in einem parallelen Zwischenverbindungspfad hin zum digitalen Submodul **600** der **Fig. 6B** zu überqueren. Falls der Breitbandpfad ausgewählt ist, kann das Signal direkt bereitgestellt werden auf das digitale Submodul **600** durch den Schalter **520** oder kann, falls wegen momentaner Betrachtungen hinsichtlich des Dynamikbereichs notwendig, durch einen logarithmischen Videoverstärker **522** mit sequenzieller Erfassung modifiziert werden, welcher den dynamischen Bereich des Breitbandsignals komprimiert, zum Beispiel den IFF-Signaltyp. Der Verstärker **522** gibt auch eine beschränkte IF-Ausgabe aus. Der Schalter **520** hat drei Eingaben, davon ist eine eine komplette Umgehung des logarithmischen Verstärkers **522**. Dies erlaubt es, ein Signal, welches Amplituden-, Phasen- und Frequenzinformationen enthält, auf das digitale Submodul **600** auszugeben. Eine dieser Ausgaben des Verstärkers **522** stellt ein komprimiertes Signal (DLV) bereit, welches Amplitudeninformation enthält, und die anderen enthalten Frequenz- und Phaseninformationen. Typische

Breitbandsignale/-funktionen umfassen Freund-Feind-Kennung (IFF = identify friend or foe); Positionslokalisierungs- und Berichtssysteme (PLRS = Position Location and Reporting System); Luftverkehrskontrollradarbakensysteme (ATCRBS = Air Traffic Control Radar Beacon System); Betriebsartauswahl (Mode S = Mode Select); taktische Luftnavigation (TACAN = Tactical Air Navigation); Präzisionsentfernungsmessungsgeräte (DME = Precision Distance Measuring Equipment); gemeinsame taktische Informationsverteilungssysteme (JTIDS = Joint Tactical Information Distribution System); globale Positionierungssatelliten (GPS = Global Positioning Satellite). Der logarithmische Verstärker **522** kann eliminiert werden, wenn ein A/D-Wandler mit hohem Dynamikbereich und der geeigneten Abtastrate (40 MHz in diesem Beispiel) kosteneffektiv wird. Das Breitbandsignal wird hergestellt bei einer gemeinsamen Breitbandzwischenfrequenz, welche bevorzugterweise um 30 MHz zentriert ist.

[0136] Der Schmalbandpfad setzt sich vom Schalter **518** durch einen primären schmalbandigen Schaltkreis **524** zur Unterdrückung von Aliassen hindurch, bei dem es sich auch um einen Bandpassfilter handelt mit einer Bandbreite von ungefähr 0,4 MHz und einer Mittenfrequenz bei 30 MHz hin zu einem dritten Mischer **526**, welcher ein Schmalbandsignal erzeugt mit einer Bandbreite von ungefähr 0,4 MHz bei einer gemeinsamen Schmalbandzwischenfrequenz, wie sie bevorzugterweise um 1 MHz zentriert ist. Typische Schmalbandsignale/-funktionen umfassen HF, VHF und UHF bei verschiedenen Sprach- und Datenmodulationen sowie als persönliche Kommunikationsdienste (PCS = personal communication services), "drahtloser Sprechfunk" und SATCOM, sowie im Allgemeinen als Kommunikationsfunktionen klassifizierte Funktionen und VOR, ILS und normale DME und TACAN, die im Allgemeinen als Navigationsfunktionen klassifiziert werden. Eine Steuereinheit **528** steuert die verschiedenen Schalter, u. s. w., auf der Grundlage von Steuerbefehlen vom digitalen Empfängersubmodul **600**. Die Mischer **506**, **512** und **526** erlauben es dem Empfänger **106**, ein empfangenes Signal nach oben zu wandeln wie auch das Signal nach unten zu wandeln. Zusätzliche Einzelheiten hinsichtlich des analogen Submoduls **500** können in der entsprechenden Empfangsmodulanwendung, die zuvor erläutert worden ist, gefunden werden. Die beiden Frequenzen (WB = Breitband und NB = Schmalband) sind niedrig genug, so dass ein herkömmlicher A/D-Wandler eine ausreichend lineare Umwandlung durchführen kann, was es erlaubt, dass der übrige Teil der Verarbeitung digital ist. Dadurch, dass man den übrigen Teil der Verarbeitung digital anstatt analog macht, kann Information verarbeitet werden (gefiltert werden, feinabgestimmt werden, demoduliert werden, u. s. w.) mit vielmehr Flexibilität und in genauer Weise.

[0137] Das digitale Submodul **600** umfasst, wie in Fig. 6B veranschaulicht, einen Breitband-Analog-Digitalwandler **602** für das Breitbandanalogsignal, welches bevorzugterweise mit einer 40 MHz Abtastrate arbeitet, um 8 Bit pro Abtastung zu erzeugen sowie einen Schmalband-**604**-A/D-Wandler für das Schmalbandanalogsignal, welcher mit einer 4 MHz Abtastrate arbeitet, um 14 Bit pro Abtastung zu erzeugen. Beide Wandler sind bevorzugterweise Wandler mit einem hohen Dynamikbereich, welche es ermöglichen, genaue Abtastungen bei der Zwischen-IF durchzuführen. Einige Ausführungsformen können diese beiden A/D-Wandler in eine einzelne Einheit kombinieren, welche zum Beispiel bei 40 MHz abgetastet wird und einen ausreichenden Dynamikbereich aufweist, um sowohl die Breitband- als auch die Schmalbandfunktionen zu handhaben und vielleicht sogar den SDLVA **522**, wie zuvor erwähnt, zu ersetzen. Das besondere digitale Signal, welches durch den Kanal verwendet wird, wird durch einen Schalter **606** ausgewählt und auf einen zweiten Vorprozessor mit hoher Geschwindigkeit und Verminderungssteuerungseinheit **608** gegeben. Der Schalter ist ein digital steuerbarer Schalter, welcher zwischen den 14 Ausgabeleitungen des Schmalband-A/D **604** und den 8 Ausgabeleitungen des Breitband-A/D **602** umschaltet. Die Einheit **608** kann das digitale Signal auf einen digitalen Abwärtswandler **610** für eine weitere Abwärtswandlung leiten. Die letzte Stufe der Abwärtswandlung wird digital durchgeführt. Die digitale Abwärtswandlung des Breitbandsignals wird erreicht durch harmonische Abtastung des 30 MHz Breitbandsignals durch Unterabtastung bei einer Frequenz von 40 MHz, um ein 10 MHz Bandsignal zu erzeugen. Für einige Anwendungen kann das 10 MHz Bandsignal abermals durch den digitalen Abwärtswandler **610** gegeben werden, für eine zusätzliche Frequenzumsetzung auf niedrigere Frequenzbänder. Das abwärtsgewandelte Signal kann auf einen digitalen Signalprozessor **612** gegeben werden, oder auf FPGA **608**, **614** und möglicherweise **618**, für weitere spezielle Wellenformbearbeitungsschritte. Sind diese Bearbeitungsschritte durchgeführt, so wird ein digitales Signal niedriger Geschwindigkeit durch eine Eingabe-/Ausgabebesteuereinheit **614** bereitgestellt zur Ausgabe auf einen Systembus **616**, welcher an das Empfangsmodul **106** gekoppelt ist. Eine Steuereinheit **618** führt die notwendige Konfigurationssteuerung für sowohl die analogen **500** als auch digitalen **600** Submodule durch. Die Einheiten **608**, **610**, **611**, **612**, **614** und **618** arbeiten bevorzugterweise zumindest bei einer Betriebsrate von 40 MHz, was es ermöglicht, dass die Breitbandabtastungen in Echtzeit verarbeitet werden. Die Einheiten **608**, **614** und **618** sind bevorzugterweise feldprogrammierbare Gate-Anordnungen (FPGA = field programmable gate array), welche es ermöglichen, die notwendigen Aufgaben mit der erforderlichen Rate durchzuführen, welche aber auch die Flexibilität bereitstellen, dass sie durch Firmware programmierbar sind für verschiedene Funktionen. Die Bereitstellung der Einheiten **612** und **618** ermöglicht es, dass die Steuerung des analogen Submoduls **500** intern im Modul **106** durchgeführt wird. Weiter-

hin kann die programmierbare digitale Filtereinheit (PDFU = programmable digital filter unit) **611** verwendet werden, um ein digitales Filtern unabhängig vom Filtern im DDC **610** bereitzustellen, welcher festgelegt ist auf Verminderungsraten, und eine Filterung wirksamerweise in Hardware bereitzustellen, welche zur Verfügung gestellt werden kann durch andere Schaltkreise, wie zum Beispiel den DSP **612** oder die FPGA **608**, **614** oder **618**. Zusätzliche Einzelheiten hinsichtlich des digitalen Submoduls **600** können in der zuvor erläuterten entsprechenden zusammenhängenden Empfangsmodulanwendung gefunden werden.

[0138] Das digitale Submodul des Empfängers **106** (sowie das des Senders **204**) umfasst bevorzugterweise nicht-flüchtige Flash-ROM-Speichereinheiten **634** zum Speichern der Software und Konfigurationsdaten derjenigen CNI-Funktionen, die in dem Kanal durchgeführt werden müssen, und umfassen jene CNI-Funktionen, die einem Zeitunterteilungsmultiplexverfahren mit hoher Geschwindigkeit zu unterziehen sind. Die Anwendungsprogramme sind gespeichert im nicht-flüchtigen Flash-Speicher **636**, um ein Löschen während Zeitspannen mit keiner oder unzureichender primärer Leistungsversorgung zu vermeiden. Weiterhin speichert der Flash **636** auch die FPGA-Konfigurationen, die während des Hochfahrens des Systems nach dem Anlegen von elektrischer Spannung zu verwenden sind. Während des Betriebs werden die im Flash **636** gespeicherten Programme ins RAM **634** weitergegeben, wo die Programme auf schnellere Weise durchgeführt werden können.

[0139] Die herkömmliche digitale Eingabe-/Ausgabeschnittstelle des gemeinsamen Empfangsmoduls **106** wird typischerweise für die passende Busschnittstelle programmiert von/auf anderen Elementen innerhalb des integrierten CNI-Funksystems. Schnittstellen mit äußeren Geräten, wie zum Beispiel Anwendungsanschlüssen, werden entweder durch Programmieren dieser gemeinsamen Moduleingaben/-ausgaben **614** bedient, oder über eine geeignete externe Busschnittstelleneinheit. Ebenfalls nicht gezeigt, aber in den zuvor erwähnten, damit in Verbindung stehenden Empfangsmodulanwendungen erläutert, sind die Eingabe-/Ausgabeleitungstransceiver, die mit den FPGA **614** und **618** zusammenhängen, um eine Rauschisolierung bereitzustellen über zweigleisige (d. h. differenzielle) Verbindungen.

[0140] Beispiele für die digitale Verarbeitung im Innern des Empfangsmoduls **106**, wie in **Fig. 4** veranschaulicht, umfassen die Erzeugung von digitalem I/Q, Frequenzabwärtswandlung, Verminderung, Filterung, Phasen-, Frequenz- und Amplitudenwellenformdemodulation, Impulsbreiten-/Positionsunterscheidung, Synchronisation (z. B. Phase, Symbol oder Rahmen), Nachrichtendecodierung, T/MUX-Amplitudenvergleiche, Vergleiche, Wiederholungsratenbegrenzung, Steuerung der HF/IF-Frequenzwandlungsschaltkreise (IF-Verstärkung, Empfangskanal, Filterbandbreiten, u. s. w.), Steuerung der AIU, die mit dem Kanal zusammenhängen (Resourcenumschaltung, AGC und Filterabstimmung, etc.) und Verwaltung/Konfiguration der digitalen Eingaben/Ausgaben.

[0141] Zusätzlich konfiguriert die digitale Verarbeitung das Empfangsmodul **106**, wie durch die Steuerung **302** bestimmt, erstellt Modul-BIT und Berichtsstatus für die Steuerung **302** und kann ein "Eintakten" für Frequenzhüpfen durchführen. Obwohl es manchmal an anderen Stellen durchgeführt wird, wie zum Beispiel in einem CMP-Modul, kann das Empfangsmodul **106** über den digitalen Signalprozessor **612**, abhängig von der implementierten Verarbeitungsleistung, eine Fehlerkorrektur durchführen, eine Nachrichtenverarbeitung inklusive Reformatieren, Netzwerkfunktionen, ein Entwürfeln ("deinterleaving"), Verarbeiten der Sprachalgorithmen mit niedriger Datenrate, und digitales Formatieren für verschiedene Anschlüsse, wie zum Beispiel Anzeigen, Audiogeräte und Instrumente. Tatsächlich kann für viele CNI-Funktionen, wie zum Beispiel ein Instrumentenlandesystem (LOC, GS, MB) und viele Sprachbetriebsarten (z. B. für HF, VHF und UHF), das gemeinsame Empfangsmodul sowie sein gemeinsames Sendemodulgegenstück direkt über Schnittstellen mit den Anwendungsanschlüssen, wie zum Beispiel Instrumenten oder Audiostationen, in Verbindung treten.

[0142] Das Empfangsmodul **106**, wie in den **Fig. 6A** und **6B** veranschaulicht, besteht bevorzugterweise aus einem einzelnen Modul (ein Einsteckmodul für viele Anwendungen), welches die HF-Signale von einer AIU **308** oder einem Verteilungsnetzwerk empfängt, und serielle digitale Daten mit relativ niedriger Geschwindigkeit ausgibt. Innerhalb des Empfangsmoduls wird das HF-Signal, wie oben erläutert, in Frequenzen umgesetzt durch verschiedene IF, digital abgetastet und verarbeitet gemäß der CNI-programmierten Konfiguration und zu der passenden digitalen Ausgabe geleitet. Die Unterbringung der hauptsächlichen Signalbetriebsarten in einer einzelnen Einheit vereinfacht die Logistik sehr stark, ebenso BIT/FIT und die Wartung. Die gesamte Verarbeitung mit hoher Geschwindigkeit (wie zum Beispiel die D/A-Wandlung mittels **602** und **604**, die Abwärtswandlung mittels **610** und die Dezimierung der Wellenform und andere Verarbeitungen durch **612** und Signalverarbeitung mittels **608** und **614**) sowie die hauptsächlichen parallelen Zwischenverbindungen mit hoher Geschwindigkeit, sind komplett im Inneren eingeschlossen, wodurch sich die Komplexität an der rückwärtigen Seite sehr stark vereinfacht, wodurch elektromagnetische Interferenz (EMI) zum Rest des Systems reduziert wird. Die Kombination der internen Verarbeitung mit hoher Geschwindigkeit innerhalb und zwischen den ver-

schiedenen Verarbeitungselementen (wie zum Beispiel **602**, **608**, **610**, **611**, **612**, **614**, **618**, **834** und **636**) des digitalen Submoduls **600** (wie auch innerhalb und zwischen den verschiedenen Elementen in den anderen Modulen, die hiermit beschrieben werden für das gesamte Funksystem) wird manchmal hiermit als synchrone Steuerungsabstratenverarbeitung bezeichnet. Zum Beispiel sind in **Fig. 6B** die parallelen Zwischenverbindungen mit hoher Geschwindigkeit **622**, **624**, **626**, **628**, **630** und **632** gezeigt, die mit 40 MHz arbeiten. (Der Hochgeschwindigkeits-PDFU-Bus **613** ist seriell oder parallel, abhängig vom Typ des ausgewählten programmierbaren Filters). Eines der Ziele dieser Erfindung für ein programmierbares Multifunktions-Funksystem besteht darin, Zwischenverbindungen zwischen Modulen zu eliminieren zum Durchführen der synchronen Steuerungsabstratenverarbeitung. Der Aufbau des Empfangsmoduls handhabt die interne EMI zwischen analogen und digitalen Schaltkreisen unter Verwendung physisch getrennter Abschnitte, Abschirmung und Isolation, wie zuvor erläutert.

[0143] Die digitalen und analogen Submodule des Empfängers **106** (und des Senders **204**) sind bevorzugterweise auf getrennten Schaltplatinen implementiert, könnten aber anders implementiert werden, wie zuvor erläutert. Eine elektromagnetische Abschirmung oder Rahmen aus einem Material, wie zum Beispiel Nu-Metall oder Aluminium mit geringeren Kosten und Gewicht, wird bevorzugterweise zwischen den Platinen bereitgestellt. Der A/D-Wandler ist notwendigerweise auf dem Erdungspotenzial des analogen Submoduls. Aber die Zwischenverbindung zwischen dem Schalter **606** und FPGA **608** sind aus Zwecken der Isolierung differenziert. Um eine weitere Isolierung bereitzustellen, haben die Platinen bevorzugterweise getrennte Spannungsversorgungen bei verschiedenen Spannungen und Erdungsleitungen (verschiedene Erdungsebenen), um Rauschen und Erdungsschleifenprobleme durch die Spannungsversorgung zu vermeiden. Um diese Rauschprobleme zu vermeiden, sind alle digitalen Signalschnittstellen mit dem digitalen Submodul **600** Differenzialsignale (zweigleisig).

[0144] Mit Fortschritten in der Technologie wird erwartet, dass die zwei A/D-Wandler (**602** und **604**) des Empfangsmoduls ersetzt werden können durch einen A/D-Wandler mit zwei Betriebsarten, welcher bei beiden der erforderlichen Raten arbeiten kann, oder einem einzelnen A/D-Wandler mit derselben Rate, welcher sowohl die Breitband- als auch die Schmalbandfunktionen bedienen kann, die, wie oben erläutert, erwünscht sind. Weiterhin umfasst die Betriebsweise eines jeden A/D-Wandlers verschiedene Formen von A/D-Linearität oder Nichtlinearität, und umfasst ein Überabtasten, Nyquistabtasten und Unterabtasten, welches manchmal als harmonische Abtastung bezeichnet wird, wobei der interessierende Signalfrequenzbereich mit einem Alias versehen wird (d. h. frequenzumgesetzt wird) auf einen anderen, meist niedrigeren Frequenzbereich. Mit dem Fortschritt der Technik wird ebenfalls erwartet, dass die D/A-Wandlung vor den Mischstufen **512** und **526** durchgeführt werden kann.

[0145] Obwohl nicht gezeigt, enthält das gemeinsame Empfangsmodul **106** einen analogen Frequenzreferenzgang und kann auch verschiedene analoge externe Schnittstellen umfassen, zum Beispiel eine Referenzeingabe von einem anderen Empfangsmodul, welches parallel auf demselben Signal arbeitet, d. h. zum Beispiel für Phasenvergleiche zwischen Empfangskanälen und einer Referenz Ausgabe auf ein anderes Empfangsmodul, welches parallel auf demselben Signal arbeitet, d. h. zum Beispiel für Phasenvergleiche zwischen Empfangskanälen. Mit einem passenden internen Aufbau kann dieselbe analoge Schnittstelle verwendet werden, um das Referenzsignal für Phasenvergleiche auszugeben, oder die Referenz für Phasenvergleiche einzugeben. Andere analoge Schnittstellen, die als geeignet angesehen werden, wie zum Beispiel eine direkte Eingabe auf eine der Zwischenfrequenzstufen, könnten ebenfalls umfasst werden.

[0146] Für eine CNI-Sendung werden, wie zuvor erläutert, serielle Datennachrichten mit relativ niedriger Geschwindigkeit, die verschiedenen CNI-Funktionen entsprechen und Information von verschiedenen Anschlüssen tragen, wie zum Beispiel Audiogeräten, Videogeräten, Sensoren, Computern, u. s. w., in das gemeinsame Sendemodul **204** eingespeist, welches ausführlicher in **Fig. 7A** (digitales Submodul **700**) und **Fig. 7B** (analoges Submodul **800**) gezeigt sind. (Seltene Anwendungen mögen es erforderlich machen, dass eine Multibitverarbeitung mit hoher Geschwindigkeit, wie zum Beispiel LPI/LPD, auf den empfangenen Wellenformen vor einer Modulation durchgeführt wird. Diese Anwendungen verwenden entweder ein externes Applikationsmodul, das auch mit dem oben beschriebenen Empfangsmodul verwendet wird, oder Sendemodule für spezielle Zwecke, die ähnlich sind zu dem oben erläuterten Empfangsmodul für spezielle Zwecke). Die Datennachrichten mit niedriger Geschwindigkeit oder das digitale Informationssignal wird digital verarbeitet gemäß der CNI-programmierten Konfiguration und in ein analoges Signal im digitalen Submodul **700** gewandelt, und frequenzumgesetzt auf das passende HF-Frequenzband innerhalb der Region von ungefähr 2 MHz bis 2000 MHz im analogen Submodul **800**, durch die passende AIU **308** (oder **104** wie in **Fig. 1** und **2**) hindurchgeleitet, wo es einer Leistungsverstärkung und Filterung unterzogen wird, und wird auf die geeignete Antenne zum Ausenden geleitet. Wie das Empfangsmodul **106** ist ein wichtiges Merkmal der Architektur des Sendemoduls **204**

die Unterteilung des Systems in digitale **700** und analoge **800** Submodule, welche bevorzugterweise verschiedenen Schaltkreisplatinen entsprechen, und welche es ermöglichen, digitale Schaltkreise mit hoher Frequenz, aber niedriger Leistung und Rauschen ausreichend von den Bauteilen auf der analogen Seite zu isolieren und abzuschirmen.

[0147] Während der digitalen Verarbeitung wird das Informationssignal, welches für eine typische Spracheingabe serienmäßig bereitgestellt wird mit einer Bitrate, die typischerweise ungefähr 80 kBit/sec sein kann, vom Systembus **616**, wie in **Fig. 7A** gezeigt, bereitgestellt auf eine Eingabe-/Ausgabesteuerung und eine Vorverarbeitungseinheit **702** mit hoher Geschwindigkeit des digitalen Submoduls **700**, in welchem gemeinsam mit einem digitalen Signalprozessor **704** und/oder FPGA **702** eine Ausgabeabtastungsinterpolation stattfindet. Der Systembus **616** kann bei viel höheren Raten arbeiten, zum Beispiel größer als 1 Megabit pro Sekunde. (Die Spracheingabe kann dann alternativ versendet werden in individuellen Paketen, mit viel höheren internen Bitraten für Sprache, und dann reformatiert werden, zum Beispiel mit 80 kBit/sec innerhalb des FPGA **702**). Wird zum Beispiel ein Eingabesignal von 10 Bit bereitgestellt bei einer Abtastrate von 8 kHz für eine gesamte serielle Bitrate von 80 kBit/sec, so werden ungefähr 1000 interpolierte Abtastungen bereitgestellt zwischen einer jeden Eingabeabtastung, um einen glatten Satz von Abtastungen bei 8 MBit pro Sekunde bereitzustellen. Dies reduziert die Quantisierungsfehler, die durch den Übergang zwischen den Abtastungen verursacht wird. Ist das Signal von dem Typ, welcher eine Interpolation benötigt, um störende Signalantworten zu beseitigen, so verwendet die vorliegende Erfindung eine Technik zum Erzeugen von interpolierten Abtastungen, bei welchen die letzte Informationssignalabtastung beim Abtastungswert gehalten wird (d. h., ein Halten von nullter Ordnung), anstelle eine Nullfülloperation durchzuführen, wie dies typischerweise passiert. Dies verbessert das Leistungsvermögen bei Störungen, ohne dass es dadurch zum Nachteil bei der Berechnungsgeschwindigkeit käme. Diese Art von Verarbeitung wird typischerweise verwendet, wenn die Modulationswellenform kontinuierlich sich ändert, wie dies zum Beispiel bei Mittelwelle oder UKW der Fall ist.

[0148] Die Einheit **702** steuert zusätzlich zur Bereitstellung eines Frequenzsteuersignals auf einen numerisch gesteuerten digitalen Oszillator **706** auch die programmierbaren Sendefunktionen der AIU **308** für den Kanal sowie die nach oben gewandelten Variablen des analogen Submoduls **800**.

[0149] Das formatierte und interpolierte Informationssignal wird auf einen Amplituden-/Vektormodulator **708** gegeben, wo das Signal in ein digitales Zwischenfrequenzsignal moduliert wird, bevorzugterweise bei 10 MHz, welches von dem Oszillator **706** erzeugt wird. Das modulierte digitale Signal wird auf einen Digital-Analogwandler **710** gegeben, wo das digitale Signal in ein analoges Zwischensignal (IF = intermediate frequency) gewandelt wird bei der oben festgesetzten Frequenz, und bevorzugterweise zentriert bei bevorzugterweise 10 MHz und auf das analoge Submodul **800** in der **Fig. 7B** gegeben wird. Der D/A-Wandler **710** arbeitet zum Beispiel bei 40 MHz und akzeptiert 4 Eingabeabtastungen für einen jeden Zyklus des analogen Ausgabesignals. Andere Aspekte des digitalen Submoduls **700**, wie zum Beispiel die Speicherung von CNI-Programmen im Flash **734** und RAM **735** sind ähnlich wie bei der Beschreibung der digitalen Submodule **600** des gemeinsamen Empfangsmoduls **106**. Weiterhin können zusätzliche Einzelheiten hinsichtlich des digitalen Submoduls **700** in der entsprechenden damit in Zusammenhang stehenden Sendemodulanwendung gefunden werden, die zuvor erläutert wurde.

[0150] Eine digitale Modulation direkt auf ein IF-Signal erlaubt Vorteile, wie zum Beispiel die Ersetzung von sperrigen Anlogschaltkreisen im Basisband und niedrigeren IF mit digitalen Schaltkreisen, was nicht nur genauer und besser vorhersagbar ist als analoge Schaltkreise, sowie ein digitales Filtern, welches leichter programmiert werden kann für verschiedene Mittenfrequenzen und Bandbreiten als bei den analogen Filtern, welche gebraucht würden, sowie eine ultrafeine Kanaldurchstimmungsauflösung. Zusätzliche Einzelheiten mit Hinblick auf das digitale Submodul **700** können in der oben erläuterten korrespondierenden und damit in Zusammenhang stehenden Sendemodulanwendung gefunden werden.

[0151] Das analoge Submodul **800** (**Fig. 7B**) umfasst einen Synthesizer **802**, einen durchstimmbaren Oszillator **804** und fest eingestellte Oszillatoren **806**, wie in dem analogen Submodul **500** des gemeinsamen Empfangsmoduls **106**, und sind bevorzugterweise unabhängig von denen des Empfängers. Diese Bauteile können geteilt werden zwischen den Modulen **106** und **204**, insbesondere wenn ein Sende-/Empfangspaar oder ein Transceiver in einem Kanal enthalten ist und Teil des Signal-/Versagenspfads ist, wie dies der Fall ist, wenn der Empfänger **106** und Sender **204** als Empfangseinheit funktionieren. Obwohl nicht gezeigt, besitzt das gemeinsame Sendemodul **204** eine analoge Frequenzreferenzeingabe.

[0152] Das analoge IF-Signal vom digitalen Submodul **700** verwendet einen Isolationstransformator, um geschützt zu sein gegen digitales Rauschen innerhalb der analogen Schaltkreise. Das Signal wird auf einen

Bandpassfilter **808** gegeben, wie in **Fig. 7B** gezeigt, wo das gewandelte Signal so weit wie möglich gesäubert wird. Dieser Filter **808** kann eine umgeschaltete Bandpassfilterbank von Filtern für die Breitband- und Schmalbandsignale sein. Das gefilterte analoge Signal wird auf einen ersten Mischer **810** gegeben, wo ein zweites analoges Zwischenfrequenzsignal erzeugt wird. Dieses Signal wird durch einen zweiten Bandpassfilter **812** mit einer Bandbreite von ungefähr 10 MHz gefiltert. Dieses Signal wird in einem zweiten Mischer **814** gemischt, um ein zweites Zwischenfrequenzsignal zu erzeugen. Das lokale Oszillatorsignal, welches auf den Mischer **814** gegeben wird, wird ausgewählt durch den Steuerungsschalter **815**. Das Umschalten erlaubt es dem Sender **204**, das interessierende Ausgabeband abzudecken. Dieses Signal, welches abhängig von der Frequenz gebraucht wird, um Nebenfunktionen des dritten Mischers **824** sicherzustellen, wobei solche Nebenfunktionen ebenfalls bestimmt werden durch die gewünschte Ausgabefrequenz des Mischers **824** in Verbindung mit der Frequenz des durchstimmbaren Oszillators **804**, welcher gebraucht wird, um diese gewünschte Ausgabefrequenz zu erzeugen, wird umgeschaltet durch die Schalter **816** und **818** zwischen den Bandpassfiltern **820** und **822**, welche gleichzeitig umgeschaltet werden mit Änderungen in den geschalteten lokalen Oszillatorsignalen. Dieses gefilterte Signal wird weiter nach oben gewandelt mittels eines dritten Mischers **824**, um das endgültige HF-Signal zu erzeugen. Dies ist typischerweise die letzte Frequenzumsetzung des Sendesignals.

[0153] Es sei angemerkt, dass es möglich ist, mit einem geeigneten Aufbau Einsparungen zu erzielen bei der gesamten Systemhardware durch Kombinieren des ganzen oder eines Teils des Synthesizers **502** in dem analogen Submodul **500** des gemeinsamen Empfangsmoduls **106**, wobei die Gesamtheit oder ein Teil des Synthesizers **802** in dem analogen Submodul **800** des gemeinsamen Sendemoduls **204** ist. Der kombinierte Synthesizer könnte auch in einem separaten Modul in einem Gehäuse untergebracht werden, wobei eine analoge Verbindung gemacht werden sollte zwischen dem gemeinsamen Empfangs- und gemeinsamen Sendemodul, oder ein gemeinsames Empfangsmodul und ein gemeinsames Sendemodul könnten kombiniert werden in eine einzelne Einheit, wie dies erforderlich sein könnte bei kleinen Anwendungen. Wird die Synthesizerfunktionalität auf diese Weise kombiniert, insbesondere der durchstimbare Bereich des Synthesizers, so könnte der Funkbetrieb beschränkt werden entweder auf Halbduplex oder auf Vollduplex, wenn die Sende- und Empfangskanäle immer zusammen in Paaren gruppiert sind, so dass ein einfacher zusätzlicher Frequenzversatz oder eine zusätzliche Frequenzwandlungsstufe die notwendige Frequenzumsetzung sowohl in dem gemeinsamen Empfangs- als auch in dem gemeinsamen Sendemodul bereitstellen können. Obwohl nicht streng vom Vollduplextyp, sondern so, dass auch Empfangs-zu-Sende-Zeiten benötigt werden, die möglicherweise zu kurz sind für die meisten Synthesizerschaltzeiten, könnte auch eine Transponderfunktionalität bewirkt werden. Andererseits erlaubt eine unabhängige Synthesizerdurchstimmung in den gemeinsamen Empfangsmodulen und gemeinsamen Sendemodulen die komplette Durchstimmflexibilität für jede Art von Halbduplex-, Vollduplex- oder Transponderfunkfunktion.

[0154] Das HF-Signal wird geschaltet durch eine Kombination der Schalter **826**, **840**, **842** und **844** auf entweder die Tiefpassfilter **828** und **830** oder auf einen der vier Bandpassfilter **831**, **832** oder **833** und letztendlich auf die Linearverstärker **834**, **836** und **838**, abhängig vom Ausgabefrequenzbereich. Die Bandunterteilung der Frequenzen 824 bis 1880 MHz durch den Verstärker **838** in Unterbänder mittels der Bandpassfilter **831**, **832** und **833** ist notwendig, um die Nebensignale zu separieren, welche in vorhergehenden Stufen von dem interessierenden Signal in diesem Pfad erzeugt werden, und um den Pegel solcher zusätzlicher Signale zu reduzieren. Die Verstärker **834**, **836** und **838** werden bevorzugterweise innerhalb ihres linearen Betriebsbereichs betrieben, so dass, zum Beispiel, ein 10-Watt-Verstärker ein Ausgabesignal in der Größenordnung von mehreren Milliwatt erzeugt. Alternative Ausführungsformen können auch bevorzugt werden, wobei die Elemente nach dem Mischer **824** vom gemeinsamen Sendemodul **204** eliminiert werden, und nur die Elemente, welche für die durch die sich anschließenden AIU bedienten Radiofunktionen benötigt werden, sind innerhalb dieser AIU untergebracht. Ist z. B. das gemeinsame Sendemodul **204** mit einem AIU-Bereitstellungsfunkdienst im 1,5–88 MHz Frequenzbereich verbunden, müssen nur der LPF **828** und der Verstärker **834** in der AIU untergebracht sein.

[0155] Das HF-Signal wird bereitgestellt auf das Antennenschnittstellenmodul (AIU) für den jeweiligen Kanal, wobei das Signal verstärkt werden kann auf einen Leistungspegel, welcher so niedrig sein kann wie 1–5 Watt oder so hoch wie 1000 Watt oder sogar größer. Die Bandpassfilter **812**, **820**, **822**, **830** und **830** können relativ breitbandig sein, da sie hauptsächlich bereitgestellt werden, um harmonische und andere außerhalb des Bandes liegende Interferenzen herauszufiltern, die erzeugt werden als Ergebnis der Frequenzumsetzungen, die durchgeführt werden während der IF-Wandlung auf die Trägerfrequenz. Die Bandpassfilter **830**, **832** und **833** und Tiefpassfilter **828** decken die interessierenden Sendefrequenzbänder **828** ab und haben einen Bereich, der geringfügig größer ist als 0–88 MHz, wobei **830** einen Bereich abdeckt, der geringfügig größer ist als 88–447 MHz, **831** einen Bereich, der geringfügig größer ist als 824–1150 MHz, **832** einen Bereich, der geringfügig größer ist als 1150–1660 MHz und **833** einen Bereich, der geringfügig größer ist als 1660–1880 MHz.

[0156] Die Ausgaben der Verstärker **834**, **836** und **838** können zusammengekoppelt werden als einzelne Ausgabe auf die zugewiesene AIU **308**, es ist jedoch zu bevorzugen, dass die Ausgaben getrennt gehalten werden, entweder weil nur eine von ihnen in einer gegebenen Anwendung verwendet wird, oder da die Ausgaben auf verschiedene AIU geleitet werden, wobei ein jeder Betrieb in einem verschiedenen Frequenzband stattfindet. Die Ausgaben können auch hardwaremäßig verbunden werden mit den geeigneten Eingaben der AIU **308** oder der anderen AIU. Dies würde ein Umschalten zwischen verschiedenen Bandfunktionen erlauben, ohne dass ein Zwischenschalter in der AIU **308** zu steuern wäre. Zum Beispiel könnte eine Ausgabe hardwaremäßig ausgeführt sein auf eine Satelliten-Kommunikationsantenne und ein anderer auf die HF-Antenne. Ein Schalter zwischen diesen Funktionen könnte dann durchgeführt werden durch Wechseln der Funktion des Senders **204** und es müsste kein Schalter bereitgestellt werden in der AIU **308**. Zusätzliche Einzelheiten, die das analoge Submodul **800** betreffen, können in der entsprechenden, damit in Verbindung stehenden Sendemodulanwendung gefunden werden, wie sie zuvor erläutert wurde.

[0157] Busschnittstellen, welche die Busisolation zwischen dem gemeinsamen Sendemodul **204** und den Elementen innerhalb des integrierten Kommunikations-, Navigations- und Identifikations-(CNI)-Funksystems enthalten, sind ähnlich zu denen des gemeinsamen Empfangsmoduls **106**, wie es zuvor erläutert worden ist, und werden auch erläutert in der zuvor erwähnten, damit in Beziehung stehenden Sendemodulanwendung.

[0158] Beispiele der digitalen Verarbeitung im Innern des digitalen Sendemoduls **700** umfassen eine Steuerung der HF/IF-Frequenzwandlungsschaltkreise, der Sendefrequenz, der Filterauswahl, u. s. w., Verwaltung/Konfiguration der digitalen Eingaben/Ausgaben, Interpolation/Glättung, digitalisierte Phase, Frequenz- und Amplitudenwellenformerzeugung, Vektormodulation, Antennendiversitätsentscheidungsfestlegung für Transponderfunktionen und Leistungsverstärkerkontrolle. Zusätzlich konfiguriert der digitale Schaltkreis das Sendemodul, wie durch die Steuerung **304** festgelegt, führt Modul-BIT durch und berichtet den Status an die Steuerung **302**, und kann die Zeitpunkte festlegen für ein Frequenzhüpfen. Obwohl vielleicht durchgeführt vor dem Sendemodul **204** im CMP-Modul, wie unten erläutert, und abhängig von der durchgeführten Verarbeitungsleistung, kann die Sendemodul-**204**-Verarbeitung eine Kanalcodierung durchführen, Nachrichtenverarbeitung inklusive Reformatierung zur Aussendung, Netzwerkformatierung, Entwurfeln und Formatieren für verschiedene Anschlüsse wie zum Beispiel Anzeigevorrichtungen.

[0159] Analoge Verarbeitungsfunktionen, die durch das analoge Submodul **800** des gemeinsamen Sendemoduls **204** durchgeführt werden, umfassen Frequenzdurchstimmung und Frequenzhüpfen.

[0160] Ähnlich zu dem Empfangsmodul **106** werden die Logistik, BIT/FIT und Wartung erleichtert, da das Sendemodul **204** bevorzugterweise im Gehäuse in einer einzelnen Einsteckeinheit untergebracht ist, welche digitale serielle Daten niedriger Geschwindigkeit eingibt und HF ausgibt. Weiterhin sind, ähnlich wie das Empfangsmodul **106**, alle Zwischenverbindungen für die Verarbeitung mit hoher Geschwindigkeit und die hauptsächlich parallelen Zwischenverbindungen vollständig innerhalb des Moduls **204** umfasst, um die rückwärtige Ebene zu vereinfachen, und um EMI zum Rest des Systems zu reduzieren. Das Sendemodul **204** ist auch ausgelegt, um die interne EMI zwischen den analogen und digitalen Schaltkreisen auf eine Weise wie bei dem Empfänger zu handhaben.

[0161] Wie das Empfangsmodul **106**, bedient das Sendemodul **204** Kommunikations-, Navigations- und Identifikations-(CNI)-Funktionen über ein entsprechend breites Frequenzband. Das Sendemodul **204** wird nur benötigt für Funktionen, die ein Aussenden erfordern, wie zum Beispiel Sprach- oder Datenkommunikation, Transponder oder Abfragevorrichtungen. Funktionen, die nur im Empfangsmodus arbeiten, wie ILS, VOR oder GPS, würden selbstverständlich kein Sendemodul **204** verwenden.

[0162] Man beachte, dass mit einer geeigneten Zwischenverbindung zwischen dem Empfangsmodul **106** und dem Sendemodul **204** der durchstimbare Bereich **504** des Empfangsmodulsynthesizers **502** verwendet werden kann zum Durchstimmen des Sendemoduls **204** für einen Halbduplexbetrieb und dass somit der Synthesizer-"Overhead" reduziert werden kann für kleine Anwendungen durch Eliminieren der Notwendigkeit für den durchstimbaren Bereich des Synthesizers im Sendemodul.

[0163] Ähnlich wie bei dem gemeinsamen Empfangsmodul **106** kann es notwendig sein, zusätzliche Verarbeitungsleistung hinzuzufügen zu dem gemeinsamen Sendemodul **204**, um eine Multibitverarbeitung mit relativ hoher Geschwindigkeit (wie zum Beispiel LPI/LPD) auf der ausgesendeten Wellenform durchzuführen, bevor eine Modulation stattfindet. In diesem Fall führt entweder ein Applikationsmodul **310** oder ein Sendemodul für spezielle Zwecke eine solche Verarbeitung durch. Dieses Sendemodul für spezielle Zwecke wäre wahrscheinlich etwas größer als ein gemeinsames Sendemodul **204**, um die zusätzliche Verarbeitung unterzubrin-

gen. Selbst dieses Sendemodul für spezielle Zwecke würde jedoch die analogen und digitalen Schaltkreise aufweisen, welche innerhalb des gemeinsamen Sendemoduls **204** zu finden sind. Da die Größe und die Kosten der digitalen Verarbeitung weiterhin fallen werden, kann es auch praktisch sein, die Verarbeitung für den speziellen zusätzlichen Zweck innerhalb der gemeinsamen Sendemodule **204** mit akzeptablem Größen- und Kosten-"Overhead" durchzuführen.

[0164] Die Bereitstellung von separaten Synthesizern in jedem der Sende-**204**- und Empfangs-**106**-Module erlaubt es einem Kanal, in einem Vollduplexmodus zu arbeiten. Dies erlaubt es auch, dass die Module **106** und **204** voneinander vollständig unabhängig sind. Es eliminiert auch die Durchleitung von Synthesizersignalen zwischen Empfangs- und Sendemodulen, was die Zwischenverbindungen komplizierter machen kann und welches die Ursache für elektromagnetische Interferenz ist, insbesondere in den interessierenden Empfangs- und Sende-HF- und -IF-Bändern.

[0165] Wie man aus der zuvor gegebenen Diskussion entnehmen kann, bilden die gemeinsamen Empfangsmodule **106** (siehe **Fig. 1**) und die gemeinsamen Sendemodule **204** (siehe **Fig. 2**) das Herzstück der erfindungsgemäßen Architektur. Diese Module sind einer breiten Palette von CNI-Funktionen gemeinsam, d. h., sie können programmiert werden, um vieles von der Signalverarbeitungsfunktionalität bereitzustellen, wie in **Fig. 4** gezeigt, oder für eine breite Palette von CNI-Funkfunktionen. Um einige der Vorteile der erfindungsgemäßen Architektur zu realisieren, und da diese (üblicherweise als Einstecktypen ausgeführten) Module sowohl innerhalb einer gegebenen Funkanwendung als auch zwischen verschiedenen Anwendungen viele Male repliziert werden, ist es hilfreich, dass ein jedes von ihnen die Leistungsanforderungen für eine breite Palette von CNI-Funkfunktionen erfüllen, ohne zu viel Größen- oder Kosten-"Overhead"-Nachteile mit sich zu bringen, wenn nur eine Funktion bedient wird.

[0166] Ein Weg, um die Größe dieser Module zu reduzieren, besteht darin, höhere Integrationsniveaus innerhalb von ihnen zu verwenden, obwohl dies die Kosten nach oben treiben kann. Aber die Verwendung höherer Integrationsniveaus kann auf alle Typen der Architektur angewendet werden.

[0167] Ein anderer Weg, welcher sowohl die Größe als auch die Kosten dieser Module reduziert, besteht darin, nur die Menge an interner Hardware zu verwenden, welche notwendig ist, um die Funktionalität der in **Fig. 4** gezeigten Variante durchzuführen, während die sonstige Leistung beibehalten wird. Ein Schlüsselthema für das Empfangsmodul **106** ist die analoge Frequenzumsetzung von dem ungefähr 2 MHz bis 2000 MHz abdeckenden Bereich für eine analoge Ausgabe-IF-Frequenz, welche abgetastet werden kann durch einen Analog-Digitalwandler, welcher die Anforderungen hinsichtlich der Bandbreite und des momentanen dynamischen Bereichs erfüllt. Aufgrund des großen Bereichs von Anforderungen über verschiedene Typen von CNI-Funktionen hinweg verwendet der beispielhafte analoge Bereich **500** (siehe **Fig. 6A**) des Empfangsmoduls **106** zwei analoge IF-Ausgaben, einen bei 30 MHz für Breitband-CNI-Funktionen (mit Bandbreiten größer als ungefähr 400 kHz) und einen bei 1 MHz für Schmalband-CNI-Funktionen (mit Bandbreiten weniger als ungefähr 400 kHz). Wegen Betrachtungen hinsichtlich eines dynamischen Bereichs/Signalbandbreiten für einige CNI-Funktionen kann zusätzlich ein sequenzieller logarithmischer Erfassungsvideoverstärker **522** (siehe **Fig. 6A**) mit sowohl erfasster logarithmischer Video- als auch beschränkter IF-Ausgabe in den letzten IF umgeschaltet werden, um den momentanen dynamischen Bereich zu vergrößern (hinsichtlich der Amplitude oder Frequenz/Phase, aber nicht hinsichtlich beider zur selben Zeit), während die Signalbandbreite beibehalten wird.

[0168] Der analoge Bereich (zum Beispiel **500** in **Fig. 6A**) des Empfangsmoduls **106** bewerkstelligt die oben genannte HF-zu-IF-Wandlung mit minimaler Hardware, während die Empfängerleistungsanforderungen in Gegenwart von Interferenz erfüllt werden, ebenso wie Anforderungen, die bezogen sind auf die Signalverfälschung, Oberwellen/Mischerprodukte/Bilder/u. s. w., momentane Bandbreite, Oszillatorphasenrauschen (insbesondere L01 **504**), Rauschzahlen, Frequenzumschaltgeschwindigkeit und Interferenzunterdrückung vor der Analog-Digitalwandlung. Die Hardware wird minimiert und die Leistung wird erfüllt mit der funktionellen Implementierung **500** längs eines Frequenzplans, welcher es ermöglicht, die Empfängerleistungsanforderungen einzuhalten. Ein Schlüsselteil des Frequenzplans ist die Unterteilung des von ungefähr 200 MHz bis 2000 MHz verlaufenden HF-Eingabebereichs, so dass der durchstimmbare L01 **504** Teile dieses Bandes frequenzumsetzen kann auf eine erste IF, welche wiederum umgesetzt werden kann durch aufeinander folgende, fest eingestellte LO **504** und IF-Stufen bis die gewünschten IF-Ausgaben erreicht werden. Die nachfolgende Tabelle I gibt ein Beispiel für einen bevorzugten Frequenzplan, welcher die Empfängerleistungsanforderungen für die erste Frequenzumsetzung mittels des Mixers **506** erfüllt. Man beachte, dass andere Frequenzkombinationen möglich sind, aber nicht notwendigerweise angewandt werden aufgrund von Nebenerscheinungen, Phasenrauschen oder anderen Gründen. Weiterhin kann einige der Hardware vom oben erläuterten Typ offensichtlich aus dem Empfangsmodul **106** und/oder dem Sendemodul **204** herausgenommen werden, falls sie nicht

benötigt wird für einige Anwendungen, zum Beispiel dort, wo es nur notwendig ist, einen Teil des Frequenzbereichs von 2–2000 MHz abzudecken, oder zum Beispiel nur Schmalbandfunkfunktionen zu bedienen und keine Breitbandfunkfunktionen.

TABELLE I

Eingabeempfangsbänder (MHz)	erste IF (MHz)	L01 (MHz)	/n	L01 Schrittgröße (kHz)
1,5-133	271*	172,5-404	8	62,5
69-139	271*	132-202	16	31,25
97-132	31	66-101	32	15,625 (wahlweise)
101-171	31	132-202	16	31,25
163-233	31	132-202	16	31,25
233-373	31	264-404	8	62,5
295-405	31	264-404	8	62,5
400-547	270**	670-817	4	125,0
545-675	271*	274-404	8	62,5
786-1330	270**	1056-1616	2	250,0
1330-1886	270**	1056-1616	2	250,0
1841-2961	271*	2112-3232	1	500,0 (wahlweise)
2383-3503	271*	2112-3232	1	500,0 (wahlweise)

* 270 IF ebenfalls möglich

** 271 IF ebenfalls möglich

[0169] Mit einer geeigneten Auswahl des ersten Mischers **506** können andere Kombinationen des zur Verfügung stehenden L01-Durchstimmbereichs und des ersten IF über einen Eingabeempfangsbereich von 1,5–3539 MHz ebenfalls durchgeführt werden, obwohl möglicherweise mit einigen störenden Elemente bei einigen Frequenzen. Ein Ändern der nicht geteilten (d. h. $n = 1$) Schrittgröße des durchstimmbaren L01 von 400 kHz bis 200 kHz erlaubt, dass die Mitte des ersten IF exakt in die Mitte der meisten Kanäle in den gemeinsamen Bändern fällt (d. h. unterhalb 400 MHz), was wiederum dazu führt, dass eine feinere Selektivität in den ersten IF-Filtern möglich ist, was nicht zum Hinzufügen zusätzlicher Bandbreite führen muss, die für die Schrittgrößenkörnigkeit des L01 verantwortlich ist.

[0170] Diese verschiedenen ersten IF werden nacheinander in ihrer Frequenz umgesetzt über Mischer **512** und **526**. Die Wahl der aufeinander folgenden IF und IF-Pfade ist abhängig von der zu verarbeitenden CNI-Funktion.

[0171] Hinsichtlich des Sendemoduls **204** (siehe **Fig. 2**) ist es wichtig, dass der Digital-Analogwandler (DAC) **710** (siehe **Fig. 7A**) im digitalen Bereich des Moduls ausreichende Bandbreite (d. h. eine genügend hohe Abtastrate) für die CNI-Funktionen im breitesten Band aufweist, und eine ausreichende Amplitudenauflösung für den Anteil an niedrigen Oberschwingungen, um die ausgesandte Reinheit hinsichtlich der Aussendungsanforderungen zu erfüllen in Verbindung mit der anschließenden Filterung im analogen Bereich **800** des Sendemoduls **204**. Ebenfalls mit Hinblick auf die Reinheit der Aussendungen gibt es Anforderungen an den DAC hinsichtlich der Abtastrate relativ zur digitalisierten Ausgabefrequenz, so dass die Oberwellen, die durch die DAC-Verarbeitung in verschiedenen Bereichen des letztendlichen HF-Ausgabebereichs erzeugt werden, ausreichend durch verschiedene Filter abgeschwächt werden können, hauptsächlich Bandpassfilter **808**, im analogen Bereich **800**. Diese Betrachtungen hinsichtlich der Bandbreite und der Reinheit der Ausstrahlung helfen, die digitalisierte Ausgabefrequenz des DAC **710** festzulegen.

[0172] Ist die DAC-Ausgabefrequenz **710** festgelegt, so erzielt ein analoger Teil (zum Beispiel **800**) des Sendemoduls **204** die erforderliche IF-zu-HF-Wandlung mit minimaler Hardware, während die Sendeleistungserfordernisse eingehalten werden, wie zum Beispiel Erfordernisse hinsichtlich der Signalverfälschung, Oberwellen-/Mischer-Produkte, u. s. w., augenblickliche Bandbreite, Oszillatorphasenrauschen (insbesondere L01

804), und Frequenzschaltgeschwindigkeit. Hardware wird minimiert, und das Leistungsvermögen wird mit der funktionellen Implementierung eingehalten, wie zum Beispiel mit einem analogen Bereich **800**, zusammen mit einem Frequenzplan, welcher es ermöglicht, dass die Empfängerleistungsanforderungen eingehalten werden. Verschiedene Iterationen des Frequenzplans in Abhängigkeit von den oben genannten Leistungsvermögensbetrachtungen sind möglicherweise notwendig. Die nachfolgende Tabelle II gibt einen gangbaren Frequenzplan, welcher, wenn er in Verbindung mit dem Analogbereich **800** verwendet wird, die Sendeleistungsvermögensanforderungen für eine breite Palette von CNI-Funktionen in dem ungefähr von 2 MHz bis 2000 MHz reichenden Frequenzbereich erfüllt. Es sei angemerkt, dass, um die Kosten für die erfindungsgemäße Architektur weiter zu reduzieren, der durchstimmbare Bereich des Synthesizers **802** im Sendemodul **204** identisch gemacht werden kann zu dem durchstimmbaren Bereich **504** des Synthesizers **502** im Empfangsmodul **106**.

TABELLE II

IF (MHz)	HF (MHz)	L01 (MHz)	Div durchstimmbarer Anteilsbruchteil (z.B. Verstärkung mit eingerasteten Phasenschleifen)		
410	1,5-88	408,5-322	x8	3268-2576	untere Seite
890	88-447	978-1337	x2	1956-2674	obere Seite
410	824-1150	1234-1560	x2	2468-3120	obere Seite
890	1150-1660	2040-2550	x1	2040-2550	obere Seite
410	1660-1880	2070-2290	x1	2070-2290	obere Seite

[0173] Mit einer geeigneten Wahl des Mischers **824** erlauben andere Kombinationen des verfügbaren L01-Durchstimmbereichs und der endgültigen IF eine Abdeckung über 3500 MHz hinaus, obwohl dabei eine reduzierte sonstige Leistungsfähigkeit bei einigen Frequenzen vorliegt.

[0174] Um die Signalverzerrung bei der Ausgabe des analogen Bereichs **800** über den Ausgabefrequenzbereich von ungefähr 2 MHz bis 2000 MHz zu minimieren und trotzdem einen ausreichenden Antrieb auf die nachfolgenden AIU liefern zu können (wie zum Beispiel die AIU **104**), kann es notwendig sein, den Ausgabefrequenzbereich in getrennte Bänder aufzuteilen, welche jeweils Ausgabeverstärker mit ausreichender Linearität, aber dennoch ausreichend niedrigen Kosten, Größe und Leistungsdissipation verwenden.

[0175] Es sei angemerkt, dass die oben genannten Beschreibungen des gemeinsamen Empfangsmoduls **106** und des gemeinsamen Sendemoduls **204** sich auf diese speziellen Typen von internen Ausführungsformen beziehen und dass die darin beschriebene Funksystemarchitektur sich auch auf andere Ausführungsformen bezieht, welche die erforderliche Funktionalität zwischen HF und einem digitalen Bitstrom in einer einzelnen Einheit bereitstellen.

[0176] Ein Strang von Elementen, der einen Kanal enthält (zum Beispiel Antenne, Antennenschnittstelleneinheiten (AIU), gemeinsames Empfangs- oder gemeinsames Sendemodul und vielleicht CMP-Module, INFO-SEC-Module und/oder Applikationsmodule), kann in einigen Fällen auch verschiedene Kanäle bedienen. Ein Fall liegt vor, wenn mehrfache Funkfunktionen, von denen eine jede in Zusammenhang steht mit einem unterschiedlichen Funkfrequenzträger oder -kanal, einem Zeitmultiplexverfahren unterzogen werden, wie zum Beispiel in dem später beschriebenen Beispiel für ein Zeitmultiplexverfahren des Lokalisators, Gleitpfad und Markierungsfunkfeuerfunktionen für Instrumentenlandesysteme. Ein anderer Fall liegt vor, wenn mehrere Funkfunktionen oder Kanäle, die mit unterschiedlichen Funkfrequenzen in Zusammenhang stehen, zusammenhängend sind in ihrer Frequenz oder frequenzgegemultiplext sind, so dass sie alle durch die momentane Bandbreite einer Antenne, eines AIU und eines gemeinsamen Empfangs- oder Sendemoduls hindurchpassen, so dass die mehrfachen Funkfunktionen durch die oben genannten Elemente verarbeitet werden können. Ein anderer Fall liegt vor, wenn mehrere Kanäle, die in Zusammenhang stehen, mit demselben Frequenzbereich einem Codeteilungsmultiplexverfahren unterzogen werden in verschiedenen Kanälen, so dass die Kanäle durch die oben genannten Elemente verarbeitet werden können. Ein Beispiel dieses letzten Falles ist ein Empfänger für ein globales Positionierungssystem (GPS), worin HF-Träger derselben (oder nahe beieinander liegender) Frequenzen moduliert werden mit unterschiedlichen (im Allgemeinen orthogonalen) ausgebreiteten Spektrumcodes. Das digitale Submodul **600** wird primär über die FPGA über Programmieren konfiguriert, um die verschiedenen Codes gleichzeitig zu korrelieren, um die GPS-Positionierungs-(und Zeit-)Information vollständig

innerhalb des digitalen Submoduls **600** festzulegen. Positionierungsdaten mit relativ niedriger Geschwindigkeit können dann hindurchgeleitet werden zu Anwendungsanschlüssen über einen Steuer-/Daten- oder -nachrichtenbus.

[0177] Module **312** und **316** (siehe **Fig. 3** und **4**) für kanalmäßig aufgeteilte Nachrichtenprozessoren (CMP = channelized message processor) führen eine CNI-Kanalverarbeitung des digitalen Informationssignals durch, was nicht durchgeführt wird durch ein gemeinsames Empfangsmodul **106** oder gemeinsames Sendemodul **204**. Solche Prozessoren sind im Allgemeinen herkömmliche Vielzweckprozessoren mit hoher Geschwindigkeit, welche idealerweise programmiert werden können, um eine breite Palette von CNI-Funktionen zu bedienen, von denen eine jede einem bestimmten Kanal zugeordnet werden kann. Für Nur-Empfangs-CNI-Funktionen wird ein CMP-Modul direkt verbunden mit einem gemeinsamen Empfangsmodul **106**. Da eine Signalmodulation durchgeführt wird in dem gemeinsamen Empfangsmodul **106**, ist die Zwischenverbindung zwischen dem gemeinsamen Empfangsmodul **106** und dem CMP bevorzugterweise ein serieller Bitstrom mit relativ niedriger Geschwindigkeit. Weiterhin gilt, da die Verarbeitungsanforderungen, die in Verbindung stehen mit den meisten Nur-Empfangs-CNI-Funktionen, wie zum Beispiel Instrumentenlandesysteme (Lokalisierer, Gleitpfad, Radarbake) und kommerzielles GPS, bescheiden sind, eine solche Verarbeitung normalerweise in den gemeinsamen Empfangsmodulen **106** durchgeführt wird, und es keine Notwendigkeit für ein zusätzliches CMP-Modul gibt.

[0178] Falls die durch den Kanal bediente CSNI-Funktion eine Sendefähigkeit aufweist, kann ein CMP-Modul auch direkt verbunden sein mit einem gemeinsamen Sendemodul **204** (auch über eine serielle Zwischenverbindung mit niedriger Geschwindigkeit). Falls sowohl das gemeinsame Empfangsmodul **106** und das gemeinsame Sendemodul **204** jeweils ihre eigenen zugeordneten CMP-Module haben, wird eine Vollduplexfähigkeit erreicht. Ist jedoch die CNI-Funktion Halbduplex, wie dies bei den meisten Sende-/Empfangs-(T/R)-CNI-Funktionen der Fall ist, kann ein einzelnes CMP-Modul sowohl ein gemeinsames Empfangsmodul **106** als auch ein gemeinsames Sendemodul **204** bedienen.

[0179] Da viele CNI-Funktionen keine zusätzliche Nachrichtenverarbeitungsfähigkeit eines CMP-Moduls benötigen, mag die "Overhead" Zusatzbelastung für das Unterbringen von in Kanälen aufgeteilten Nachrichtenverarbeitungen innerhalb eines jeden gemeinsamen Empfangs- und Sendemoduls zu diesem Zeitpunkt zu groß sein und wird nicht bevorzugt. Jedoch ist es für die vielen Halbduplex-CNI-Funktionen, welche existieren, häufig einfacher, in Kanäle aufgeteilte Nachrichtenverarbeitungen zu teilen zwischen den gemeinsamen Empfangs-**106**- und Sende-**204**-Modulen, falls eine solche CMP-Verarbeitung in einem separaten Modulgehäuse untergebracht ist. Da jedoch die Verarbeitungsleistungsfähigkeit der digitalen Schaltkreise per Einheitsgröße und Kosten weiterhin im Laufe der Zeit rapide ansteigt, kann ein jedes zukünftiges Modell eines gemeinsamen Empfangs-**106**- und Sende-**204**-Moduls mehr in Kanäle aufgeteilte Nachrichtenverarbeitungen für ein jedes Empfangs-**106**- und Sende-**204**-Modul widmen, während immer noch Verarbeitungscompatibilität mit jenen CNI-Funktionen zurückgehalten wird, die keine CMP-Verarbeitung benötigen.

[0180] Die Art der Verarbeitung, die in einem CMP-Modul **312** oder **316** im Gegensatz zu einem gemeinsamen Empfangs- oder Sendemodul durchgeführt werden kann, umfasst: Synchronisation, Kanalcodierung/-decodierung, Nachrichtencodierung/-decodierung, Netzwerkverarbeitung von verschiedenen Typen, Entwürfeln und Verwürfeln, Verarbeiten von Sprachalgorithmen niedriger Datenrate und Formatieren von verschiedenen Anschlüssen wie zum Beispiel Anzeigevorrichtungen. Andere CMP-Funktionen umfassen: Algorithmen, um ein frequenzselektives Abschwächen, atmosphärisches Rauschen, Interferenz zu überwinden; einen automatischen Verbindungsaufbau, Reduktion von akustischem Hintergrundrauschen, ECCM-Verwaltung und Konferenzfunktionen.

[0181] Umfasst das Funksystem Informationssicherheits-(INFOSEC)-Bedingungen oder Eigenschaften wie unten diskutiert, so kann ein rotes (d. h. sicheres) CMP-Modul **316** (siehe **Fig. 3, 16, 17, 18, 20** und **32**) rote Informationsdatenwörter oder -pakete multiplexen oder demultiplexen, rote Kontrollwörter oder -pakete und rote Statuswörter oder -pakete hin zu oder weg von der PDR-Systemsteuerung und seriellen Datenbussen multiplexen. Weiterhin kann ein schwarzes (d. h. nicht sicheres) CMP-Modul **312** mehrfache Nachrichten (z. B. in sicherer Form und "en clair") verarbeiten und solche Nachrichten zu/von ihren damit in Verbindung stehenden gemeinsamen Sende-**204**- und Empfangs-**106**-Modulen durchleiten.

[0182] Während mehr von der in Kanäle aufgeteilten Nachrichtenverarbeitung in den gemeinsamen Empfangs-**106**- und Sende-**204**-Modulen in einem Gehäuse untergebracht ist, wird sich die Zahl der separaten CMP-Module verringern. Umgekehrt gilt, dass, falls zukünftige Verarbeitungsanforderungen, die mit einem bestimmten CNI-Kanal zusammenhängen, immer weiter anwachsen werden bis zu dem Punkt, wo eine solche

Verarbeitung nicht gehandhabt werden kann innerhalb des gemeinsamen Sende-**204**- oder Empfangs-**106**-Moduls, ein CMP-Modul (für Datenverarbeitung mit niedrigerer Geschwindigkeit) oder ein Applikationsmodul **310** (für Datenverarbeitung mit höherer Geschwindigkeit) immer zu einem späteren Zeitpunkt hinzugefügt werden können.

[0183] Um Größe und Kosten zu minimieren, könnten Module für einen nach Kanälen aufgeteilten Nachrichtenprozessor (CMP = channelized message processor), anstatt vom zuvor erwähnten Typ für beliebige Zwecke, solche für spezielle Zwecke sein, sie könnten zum Beispiel nur Modemfunktionen durchführen, die mit einer speziellen CNI-Funktion zusammenhängen. CMP-Module mit speziellem Zweck, d. h., "eines-von-einer-Art"-Module, werden sinnvollerweise dann verwendet, wenn preiswerte integrierte Schaltkreise bereits existieren, um bestimmte Funktionen durchzuführen (z. B. Viterbi-Codieren oder Netzwerkprotokolle).

[0184] Wenn die für eine bestimmte Funktion (wie zum Beispiel LPI/LPD-Verarbeitung) benötigte Verarbeitung mit extrem hoher Geschwindigkeit stattfindet, so dass eine Verarbeitung eines parallelen Bitstroms mit hoher Geschwindigkeit (wie zum Beispiel LPI/LPD-Verarbeitung) vor der Wellenformdemodulation in einem Applikationsmodul benötigt wird, so stehen zwei Optionen zur Verfügung: (1) Eine Minimierung der Länge der Busse hoher Geschwindigkeit außerhalb der Module (z. B. in einer rückwärtigen Ebene eines Systems), so dass eine solche Verarbeitung in einem "Applikations"-Modul untergebracht werden kann, welches an die dazu gehörenden gemeinsamen Empfangs- und Sendemodule angrenzt; (2) Um Busse mit hoher Geschwindigkeit außerhalb der Module zu eliminieren, kann die Anwendungsfunktion mit hoher Geschwindigkeit innerhalb des speziellen Empfangs- und Sendemoduls untergebracht sein, auf Kosten eines Moduls, das etwas größer ist (normalerweise in der Teilung, aber nicht in der Basisfläche). Unabhängig davon, ob eine applikationsspezifische Verarbeitung in einem separaten Modul untergebracht wird, oder in einem Empfangs- oder Sendemodul enthalten ist, kann eine solche Verarbeitung programmierbar gemacht werden durch Herunterladen von Programmen oder Parameterdaten von einer externen Einheit, ähnlich dem Herunterladen von Programmen auf gemeinsame Empfangs- oder Sendemodule. Solch eine Programmierung ist nützlich für LPI/LPD-Anwendungen, wo es wünschenswert ist, die LPI/LPD-Betriebsart oder -parameter unter Betriebsbedingungen zu ändern.

[0185] Letzendlich wären die speziellen Empfangs- und Sendemodule, welche zusätzliche kanalmäßig aufgeteilte Nachrichtenverarbeitungen enthalten, wie sie oben erwähnt sind, immer noch in der Lage, alle CNI-Funktionen zu bedienen, und könnten deshalb verwendet werden, um Ersatzteile für alle gemeinsamen Empfangs-**106**- und Sende-**204**-Module mit einem minimalen Anstieg bei dem Gesamtsystem-Overhead hinsichtlich Größe/Gewicht/Kosten bereitzustellen. Unabhängig davon, ob zusätzliche Verarbeitungsleistung in die CMP-Module hineingepackt wird oder in die gemeinsamen Module (falls Kosten/Größe/Leistungsverbrauch es erlauben), kann die erfindungsgemäße Architektur in leichter Weise die Verarbeitungsleistung auf eine kanalmäßig implementierte Basis skalieren.

[0186] Entwicklungen bei der Verarbeitungsleistung in der Zukunft werden wahrscheinlich erlauben, dass die meisten CMP-Module programmiert werden können, um fast jede beliebige kanalmäßig implementierte Nachrichtenverarbeitungsfunktion bereitzustellen und somit die Abhängigkeit von CMP für Spezialzwecke zu eliminieren. Eine Systemskalierung wird genauso einfach durchzuführen sein mit diesen gemeinsamen CMP-Modulen. Die Architektur gemäß der vorliegenden Erfindung erlaubt den Einschub von CMP-Einheiten, falls dies notwendig ist. Sind CMP-Module voll programmierbar, um die meisten Nachrichtenverarbeitungsfunktionen zu handhaben, so werden die programmierbare gemeinsame Kanalarchitektur und die funktionelle Unterteilung innerhalb eines jeden Kanals aufrechterhalten.

[0187] Einige der raffinierteren Funktionen (und vielleicht viele der Comm-Funktionen für bestimmte militärische Anwendungen) verlangen eine Verarbeitung zusätzlich zu der, welche die gemeinsamen Empfangs- und Sendemodule bereitstellen können. Kann die zusätzliche Verarbeitung durchgeführt werden mit Daten relativ niedriger Geschwindigkeit (üblicherweise serielle Daten), so werden CMP-(und vielleicht INFOSEC)-Module in den Kanälen, welche die Verarbeitung benötigen, hinzugefügt. Zum Beispiel können für einige der in **Fig. 23** gezeigten Kanäle CMP-Module (nicht gezeigt) eingeschoben werden zwischen den gemeinsamen Empfangs- oder Sendemodulen und die Steuerungs-/Daten- und digitalen Audiobusse. Weiterhin gilt in den seltenen Fällen, wo ein Kanal zusätzliche Verarbeitung bei einer relativ hohen Rate benötigt, dass ein Applikationsmodul, wie es sonst irgendwo beschrieben worden ist, zu einem jeden Kanal hinzugefügt werden kann, der es benötigt. Nichtsdestotrotz ist unabhängig davon, ob ein Kanal CMP-Module enthält oder Applikationsmodule oder keines von diesen zusätzlichen Modulen, ein jeder Kanal normalerweise über hardwaremäßig verdrahtete Module zwischen der HF-Eingabe und dem gemeinsamen Empfangsmodul, und zwar durch das Applikations- oder CMP-Modul, falls eingeschlossen, mit der (normalerweise) seriellen Datenausgabe mit relativ niedriger

Geschwindigkeit verbunden, wobei die Ausgabe entweder die Ausgabe eines gemeinsamen Empfangsmoduls oder eines CMP-Moduls ist. (Zum Senden verläuft der Pfad von einer seriellen Dateneingabe niedriger Geschwindigkeit durch ein CMP-Modul auf ein Sendemodul und zu der HF-Ausgabe des Sendemoduls). Die Verbindung ist hardwaremäßig ausgeführt, in dem Sinne, dass keiner der Schaltkreise innerhalb eines jeden Moduls in Reihe geschaltet ist mit Schaltkreisen in einem anderen Modul desselben Typs.

[0188] Tatsächlich wäre ein Applikationsmodul in einem Hardwarestrang durch gemeinsame Empfangs- oder Sendemodule wahrscheinlich immer hardwaremäßig verdrahtet mit einem gemeinsamen Empfangs- oder Sendemodul in dem Sinne, dass ein Applikationsmodul, welches ausgelegt ist für ein gemeinsames Empfangs- oder Sendemodul, nicht eingeschaltet würde, um mit einem gemeinsamen Empfangs- oder Sendemodul in einem anderen Kanal zusammenzuarbeiten. Weiterhin wären CMP-Module fast immer hardwaremäßig verdrahtet mit den gemeinsamen Modulen in dem Sinne, dass ein CMP-Modul, welches einem gemeinsamen Empfangs- oder Sendemodul zugeordnet ist, nicht so zugeordnet wäre (d. h. verbunden wäre), um mit einem gemeinsamen Empfangs- oder Sendemodul im anderen Kanal zusammenzuarbeiten, obwohl hinsichtlich CMP-Modulen die vorliegende Erfindung diese letztgenannte Möglichkeit in unserer Architektur ermöglicht, wobei diese weniger häufig verwendete Verbindungsmöglichkeit wünschenswert sein könnte aus Gründen einer zusätzlichen Systemverfügbarkeit oder aus einem anderen Grund. (Zum Beispiel, falls ein gemeinsames Empfangsmodul in einem Kanal ausfällt oder ein CMP-Modul in einem anderen Kanal ausfällt, könnte ein arbeitendes gemeinsames Empfangsmodul in einem Kanal mit dem arbeitenden CMP-Modul in dem anderen Kanal zusammenarbeiten. Ein anderes Beispiel liegt dort vor, wo verschiedene Typen von spezifischen CMP-Modulen wegen ihrer niedrigen Kosten verwendet werden, und sie je nach Bedarf umgeschaltet werden, um mit einem einzelnen gemeinsamen Empfangs- oder Sendemodul zu arbeiten). Die Zuordnung von verschiedenen gemeinsamen Empfangs- oder Sendemodulen zu verschiedenen CMP-Modulen würde zum Beispiel so implementiert werden, dass entweder separate serielle Busse mit den verschiedenen Modulen verbunden wären, oder durch Aufsetzen verschiedener Module desselben Typs auf einen gemeinsamen Bus. Bei kreuzschaltenden CMP-Modulen nimmt die Architektur einige der Eigenschaften des Kreuzkanalansatzes an. Es wird nur verwendet in seltenen Systemanwendungen und nicht üblicherweise in jeder Anwendung. Im Gegensatz zu kreuzkanalprogrammierbaren Funksystemen nach dem Stand der Technik tritt die Kreuzanordnung nur bei seriellen Daten mit relativ niedriger Geschwindigkeit auf, und die Architektur sorgt für gemeinsame Empfangs- und Sendemodule, welche die Funktionalität in einem hardwaremäßig verdrahteten Modul bereitstellen, welche Eingaben und Ausgaben für das Signal oder einen Informationspfad ermöglichen, so dass dieser nur aus HF- und üblicherweise seriellen Daten mit relativ niedriger Geschwindigkeit besteht.

[0189] Da einige Kanäle CMP-Module enthalten und andere Kanäle nicht, scheint es weiterhin so, als ob die Erfindung dem Ziel der gemeinsamen Kanäle, welche für eine CNI-Funktion, die im System untergebracht ist, entgegenliefe. Es sei aber daran erinnert, dass unser Zweck darin besteht, eine minimale Größe, Gewicht und Kosten für das gesamte Multifunktionsfunksystem zu erzielen, und dass unsere Architektur flexibel genug ist, um dieses Ziel zu erreichen. Dies bedeutet, dass die Erfindung nur die Extra-CMP-Module bereitstellt, die benötigt werden. Konfiguriert man ein beliebiges neues System, so wird ein jeder Kanal, der aus gemeinsamen Modulen (und vielleicht CMP-Modulen) besteht, einer beschränkten Anzahl von Antenneneingaben (oder äquivalenten Eingaben, wie zum Beispiel Kabeln) zugeordnet (d. h. damit verbunden), welche einer beschränkten Anzahl von CNI-Funktionen zugeordnet sind. Nimmt man zum Beispiel auf **Fig. 23** Bezug, wo eine Gruppe von Empfangs- und Sendemodulen immer HF-, VHF- und UHF-Verbindungsfunktionen bedienen. Entsprechend bedient ein einzelnes gemeinsames Empfangsmodul immer VOR, ILS und ADF. Weiterhin bedient dasselbe Empfangsmodul TACAN durch den gemeinsamen Empfängerpfad, welcher die Nav und Xpond/TACAN AIU verbindet. Falls bestimmte HF, VHF oder UHF Comm-Betriebsarten zusätzliche kanalmäßig implementierte Nachrichtenverarbeitung verlangen, könnten CMP-Module hinzugefügt werden zwischen die gemeinsamen Modulen **2320**, **2322**, **2324** und die digitalen Audiobusse.

[0190] Da ein jedes Modul in einem jeden Kanal nicht verbunden ist mit einer jeden Antenne, wie zuvor erläutert worden ist, besteht keine Notwendigkeit, CMP-Module in den Kanälen bereitzustellen, welche mit Antennen für CNI-Funktionen verbunden sind, die keine CMP-Module benötigen. Das heißt, die vorliegende Erfindung kann in optimaler Weise die Verarbeitungsleistung zwischen und innerhalb von Kanälen skalieren.

[0191] Jedoch kann jeder Kanal, egal ob er ein CMP-Modul enthält oder nicht, mehrere Antennen bedienen (d. h. mehrfache CNI-Funktionen). In dem Modulzwischenbindungsschema während der Systemauslegungsphase gruppiert die vorliegende Erfindung die Kanäle in solche mit CMP-Modulen, welche verbunden sind mit mehrfachen Antennen-/CNI-Funktionen, die keine CMP-Module benötigen, und in Kanäle mit CMP-Modulen, die verbunden sind mit mehrfachen Antennen/CNI-Funktionen, welche eine zusätzliche Verarbeitung benötigen. Und falls es aufgrund der Gesamtsystembetrachtungen (d. h. Größe und Kosten) nützlich

erscheint, einige der CMP-Module als Spezialzweckmodule auszuführen mit zur Verfügung stehenden integrierten Schaltkreisen für eine spezifische CNI-Funktion oder -Funktionen, so wird bei der vorliegenden Erfindung das System hardwaremäßig so verdrahtet, dass diese CMP-Module mit speziellen Zwecken nur in dem Pfad mit der Antenne verbunden sind, die mit der besonderen CNI-Funktion zusammenhängt.

[0192] Weiterhin gilt, dass, wenn redundante (Ersatz-) Kanäle, die programmiert werden können für viele CNI-Funktionen, benötigt werden für eine spezielle Anwendung, die vorliegende Erfindung verschiedene Optionen bereitstellt. Ein oder mehrere "ausgewachsene" programmierbare Kanäle können bereitgestellt werden mit gemeinsamen Empfangs- oder Sendemodulen plus programmierbaren CMP-Modulen, welche alle CNI-Funktionen bedienen, inklusive derer, die keine CMP-Funktionalität benötigen. CMP-Module werden auf ähnliche Weise wie das Programmieren der gemeinsamen Empfangs- und Sendemodule programmiert, d. h. durch Herunterladen von Programmen von einer externen Einheit, bei der es sich um die System-(CNI)-Steuerung oder einen externen Prozessor für Testzwecke handeln kann. Dieser "ausgewachsene" Kanal würde eine Verbindbarkeit mit einer jeden Antennen-/CNI-Funktion aufweisen. Die vorliegende Erfindung erlaubt die Bereitstellung von einem oder mehreren Ersatzkanälen ohne CMP-Module und von einem oder mehreren programmierbaren Kanälen mit CMP-Modulen und Gruppieren dieser zwei Typen von Ersatzkanälen mit den primären Kanalgruppen der zwei oben erläuterten Typen.

[0193] Weiterhin können INFOSEC/CMP-Module zuzüglich mehrfacher Busanknüpfungspunkte ähnlich wie bei der Verbindbarkeitsdiskussion, die auf **Fig. 22** bezogen war, INFOSEC/CMP-Elemente über Kreuz schalten mit verschiedenen gemeinsamen Empfangs- oder Sendemodulen zum Zwecke der Redundanz; jedoch sind die Elemente, welche kreuzgeschaltet sind, nicht zwischen verschiedenen analogen Elementen in den HF-zu-IF-Wandlern angebracht oder zwischen verschiedenen digitalen Elementen, welche häufig miteinander verbunden sind durch parallele Busse hoher Geschwindigkeit mit vielen Bits. Analoges Schalten findet nur bei HF und nicht bei IF statt. Digitales Schalten findet nur bei seriellen Bussen mit mehreren Abzweigungen und relativ niedriger Geschwindigkeit statt.

[0194] Obwohl ein Informationssicherheits-(INFOSEC)-Modul **314** (siehe **Fig. 3**) die wichtigen Zertifizierungssangelegenheiten erfüllen muss, welche die rote/schwarze Integrität bei sicheren Kommunikationsverbindungen aufrechterhalten, kann ein INFOSEC-Modul **314** immer noch als ein anderes CMP-Modul in der kanalmäßig implementierten Systemarchitektur betrachtet werden, wie zuvor vorgeschlagen. Das heißt, das INFOSEC-Modul **314** wird zwischen die schwarzen Empfänger-/SendeRessourcen eingefügt und die roten BenutzerRessourcen eines jeden beliebigen Kanals, wie in **Fig. 3** gezeigt. Ähnlich wie bei CMP-Modulen kann ein INFOSEC-Modul **314** entweder für einen speziellen Zweck dienen, oder es kann programmierbar sein, um verschiedene Typen von Kommunikationssicherheit bereitzustellen (COMSEC = communication security) und Sendesicherheit (TRANSEC = transmission security). COMSEC wird manchmal abgekürzt als M-SEC und TRANSEC wird manchmal abgekürzt als T-SEC.

[0195] Der Hauptvorteil des INFOSEC bei der kanalmäßig implementierten Architektur gemäß der vorliegenden Erfindung im Vergleich zu anderen Ansätzen besteht darin, dass die passende INFOSEC-Funktion in einem einzelnen Hardwarestrang (einem Kanal) residiert, welcher einer speziellen CNI-Funktion gewidmet ist, was das Verfahren erheblich vereinfachen kann, welches eine Beeinträchtigung von INFOSEC zwischen CNI-Kanälen verhindert, welche sich dieselbe INFOSEC-Hardware teilen.

[0196] Die Funktion der INFOSEC-**314**-Module besteht darin, COMSEC durchzuführen, zum Beispiel rote Daten in schwarze Daten zu verschlüsseln und sie zu den Sende-**204**- oder CMP-Modulen gemäß den Sicherheitszertifizierungsregeln weiterzuleiten; schwarze Daten von Empfangs-**106**- oder CMP-Modulen zu entschlüsseln und sie weiterzugeben zu den Anwendungsanschlüssen; Kontrolldaten und freigegebene rote Daten zu den gemeinsamen Sende-**204**- und Empfangs-**206**-Modulen über eine vertrauenswürdige Software-schnittstelle zu geben, umgekehrt Statusdaten und Daten "en clair" von den gemeinsamen Sende-**204**- und Empfangs-**106**-Modulen zu der CNI-Steuerung und Anwendungsanschlüssen zu geben; TRANSEC-Daten zu gemeinsamen Sende- und Empfangsmodulen durchzulassen (z. B., wenn ein Frequenzhüpfen durchgeführt wird oder eine direkte sequenzielle Spektralausbreitung); alle Daten und Steuerinformationen abzuhören; und Warnungen bei unzulässigen INFOSEC-Operationen auszugeben.

[0197] Wird ein separates rotes CMP-Modul **316** nicht bereitgestellt, so wird das INFOSEC-Modul **314** ein Multiplexen/Demultiplexen mit roten Datenwörtern, roten Steuerwörtern und roten Statuswörtern zu/von den PDR-Steuer- und seriellen Datenbussen durchführen. Wird ein separates CMP-Modul **312** nicht bereitgestellt, so leiten INFOSEC-Module **314**, welche mehrfache Nachrichten verarbeiten (z. B. sicher plus "en clair") diese Nachrichten dann weiter zu/von den passenden gemeinsamen Sende- und Empfangsmodulen.

[0198] Mit dem INFOSEC-Modul **314** steht in einer speziellen Anwendung eine INFOSEC-Verwaltungseinheit oder -Modul **318** in Zusammenhang. Dieses Modul **318** verwaltet Aufgaben, welche für INFOSEC spezifisch sind. Jedoch wird die Zuordnung von INFOSEC-Ressourcen auf verschiedene Funkanwendungen durch die CNI-Steuereinrichtung **302** bereitgestellt. Das INFOSEC-Verwaltungsmodul **318** leistet unter anderem Folgendes: Es stellt die Füllpunkte für INFOSEC-Schlüssel (d. h. COMSEC und TRANSEC) bereit, Wort des Tages, Zeit des Tages, Algorithmen, u. s. w., verteilt Schlüssel an die INFOSEC-Module, manchmal für eine spezifizierte Zeitspanne unter Leitung der CNI-Steuervorrichtung, legt fest, ob ein spezieller Schlüssel korrekt weitergegeben worden ist auf das geeignete Modul zur geeigneten Zeit; führt eine Überprüfung hinsichtlich der Schlüsselzurechenbarkeit durch; führt ein Löschen von Schlüsseln durch; und führt INFOSEC BIT/FIT durch.

[0199] Ähnlich zum Einschleiben von CMP-Modulen können separate INFOSEC-Module **314** einem gemeinsamen Empfangs- oder einem gemeinsamen Sendemodul für einen Vollduplexbetrieb zugewiesen werden, oder ein einzelnes INFOSEC-Modul **314** kann sowohl ein gemeinsames Empfangs-**106**- als auch ein gemeinsames Sende-**204**-Modul im Halbduplexbetrieb bedienen. INFOSEC-Module können programmiert werden für verschiedene INFOSEC-Betriebsabläufe mittels verschiedener Verfahren. Ein Verfahren besteht darin, spezielle Sicherheitssubmodule (z. B. KY-58 oder KG-84 für COMSEC und KGV-11 für TRANSEC) in das INFOSEC-Modul einzubetten und sie in Betrieb zu rufen mittels Befehlen vom Benutzer über die System-CNI-Steuervorrichtung. Ein anderes Verfahren besteht darin, Einheiten einzubetten, welche programmiert werden können für verschiedene COMSEC- oder TRANSEC-Funktionen, wie zum Beispiel den "INDITER" Chip (welcher programmiert werden kann für die KYV-5, KY-58 und KG-84 COMSEC-Funktionen) und sie dann in ähnlicher Weise über die Systemsteuerung für den Betrieb zu aktivieren. Es ist auch möglich, Programme vom INFOSEC-Modul **314** von einer Ladetafel **320** über das INFOSEC-Verwaltungsmodul **318** herunterzuladen. Dieses zuletzt genannte Verfahren bietet Flexibilität für zukünftige Modifikationen oder Hinzufügungen, verlangt aber einen extensiven Zertifizierungsprozess von der zuständigen Regierungsbehörde.

[0200] Haben alle Anschlüsse in einer gegebenen Anwendung dasselbe Sicherheitsniveau, zum Beispiel zwischen allen Besatzungsmitgliedern auf einer gegebenen Plattform oder allen Teammitgliedern an einem gegebenen Ort, so reichen die in der Architektur eingebetteten INFOSEC-Module **314** üblicherweise aus. Haben jedoch verschiedene Anschlüsse unterschiedliche Niveaus der Sicherheit, dann würden zusätzliche Sicherheitsmodule (die nicht Teil der Architektur sind) an den geeigneten Anschlüssen angebracht.

[0201] Die digitale Schnittstelle zwischen einem INFOSEC-Modul und einem gemeinsamen Sende- oder Empfangsmodul ist ein bi-direktionaler serieller Bitstrombus mit relativ niedriger Geschwindigkeit (typischerweise weniger als einige MHz und in vielen Fällen viel weniger als 1 MHz). Obwohl die Steuerung plus der Datenverkehr niedrig genug sein können, so dass eine Schnittstelle ausreicht für Steuerung und Daten (inklusive digitalisierter Sprache), wird normalerweise eine separate Busschnittstelle verwendet für die Steuerung und für die Daten. Wird TRANSEC verwendet, so kann eine separate Schnittstelle verwendet werden für die TRANSEC-Steuerung der gemeinsamen Sende- und Empfangsmodule, wenn ein Frequenzhüpfen durchgeführt wird oder eine direkte sequenzielle spektrale Ausbreitung, obwohl für viele CNI-Funktionen TRANSEC die Primärsteuerungsbusschnittstelle verwenden kann. TRANSEC-Verarbeitung würde normalerweise durchgeführt in einem schwarzen CMP-Modul **312**. Diese Schnittstelle könnte asynchron sein, selbst-taktgebend, oder könnte eine separate Bezugstaktgeberleitung enthalten.

[0202] Wann immer eine CNI-Funktion INFOSEC benötigt, so benötigt sie normalerweise eine rote Verarbeitung. Es ist mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht praktikabel, diese rote Verarbeitung in einem gemeinsamen Empfangs-**106**- oder Sende-**204**-Modul durchzuführen, noch ist es praktikabel, eine solche Verarbeitung in einem separaten CMP-Modul durchzuführen, welches direkt mit diesen gemeinsamen Modulen verbunden ist. Ein besserer Zugang besteht darin, eine kanalmäßig implementierte Nachrichtenverbereitung auf der roten Seite in einem separaten roten CMP-Modul **316** (siehe **Fig. 3**) durchzuführen. Ebenfalls in der Figur gezeigt ist, dass eine kanalmäßig implementierte Nachrichtenverarbeitung in einem separaten schwarzen CMP-Modul **312** durchgeführt würde.

[0203] Da CNI-Funktionen, welche INFOSEC benötigen, im Allgemeinen beträchtliche kanalmäßig implementierte CNI-Nachrichtenverarbeitung benötigen, bestünde eine durch die kanalmäßig implementierte Architektur der vorliegenden Erfindung bereitgestellte optimale Lösung einfach darin, INFOSEC-Verarbeitung plus schwarze und rote kanalmäßig implementierte Nachrichtenverarbeitung in einem einzelnen Modul durchzuführen, wie in **Fig. 4** gezeigt. Weiterhin machen es Entwicklungen bei der Verarbeitung für dieses kombinierte INFOSEC/CMP-Modul möglich, programmierbar zu sein, um die INFOSEC und kanalmäßig implementierten Nachrichtenverarbeitungserfordernisse von vielen CNI-Funktionen zu erfüllen. In diesem Falle wird die programmierbare gemeinsame Kanalarchitektur der vorliegenden Erfindung aufrechterhalten.

[0204] Werden die roten/schwarzen CMP-Funktionen mit INFOSEC in demselben Modul kombiniert, so können sich die roten/schwarzen kanalmäßig implementierten Nachrichtenprozessoren dieselbe Verarbeitung teilen. INFOSEC hätte jedoch seine eigene Verarbeitung. Dies würde zum ultimativen Optimum hinsichtlich der Flexibilität führen. Abhängig von den funktionellen Anforderungen an das CNI für den Kanal kann die Gesamtverarbeitung, die verfügbar ist für die rot und schwarz kanalmäßig implementierte Nachrichtenverarbeitung zwischen Rot und Schwarz aufgeteilt werden.

[0205] Die Steuervorrichtung **302** (siehe **Fig. 3** und **4**), die auch als CNI-Steuervorrichtung bezeichnet wird, verwaltet die CNI-Funksystemeinrichtungen (die Systemeinheiten und Busse) für die spezielle Anwendung. Da die Signal-, Nachrichten- und INFOSEC-Verarbeitung auf einer kanalmäßig implementierten Basis durchgeführt wird, werden die Vorteile einer einfachen Steuerarchitektur mittels einer zentralen Steuervorrichtung durchgeführt ohne die Notwendigkeit für Steuerbusse mit hoher Bandbreite. Abhängig von der Systemanwendung kann dies umfassen: Initialisierung der Systemeinrichtungen inklusive INFOSEC; Priorisieren, Bereitstellen, Überwachen und Rekonfigurieren von CNI-Funkeinrichtungen wie zum Beispiel AIU, Empfangs-, Sende-, INFOSEC- und CMP-Modulen; Steuern der Systembusse; Bereitstellen von Schnittstellen zu Befehlen des Bedienungspersonals und Anzeigen, inklusive einer PTT-Betriebsweise (push-to-talk, d. h. Reden beim Drücken eines Knopfes); Durchführen von kanalmäßig implementierter BIT- und Fehlereinkreisung.

[0206] Für größere Anwendungen kann die Steuervorrichtung **302** Folgendes: Einrichtungen automatisch rekonfigurieren/verwalten im Falle des Ausfalls eines Geräts; eine Schnittstelle bereitstellen mit Anwendungsressourcen, wie zum Beispiel einem Einsatzcomputer, Sensoren und Steuereinrichtungen; Aufrechterhalten des Einsatzkommunikationsplans für mobile Plattformen über Einrichtungsrekonfiguration; und eine Verbindung (gateway) bereitstellen zwischen den PDR-Bussen und Anwendungsdatenbussen, wie zum Beispiel MIL-STD-1553 und ARINC 429. Diese zuletzt genannten Steuervorrichtungsfunktionen sind gleichermaßen normalerweise mit einer relativ niedrigen Rate anzutreffen.

[0207] Anders als bei anderen integrierten programmierbaren CNI-Systemen (z. B. ICNIA) erleichtert die Architektur der vorliegenden Erfindung die gesamte Steuerung dadurch, dass Steuerungskonflikte im Wesentlichen gar kein Thema sind: Steuerdaten, die zwischen der CNI-Steuervorrichtung **302** und den verschiedenen Modulen hindurchgeleitet werden, treten relativ selten auf. Viele CNI-Befehle, wie zum Beispiel Schalter-, Filter- und Verstärkereinstellungen ändern sich typischerweise auf einer täglichen (oder sogar noch längeren) Basis. Andere Daten, die zwischen der CNI-Steuervorrichtung **302** und Steuerungstafeln/-anzeigen ausgetauscht werden, können sich in der Größenordnung von Minuten abspielen. Modulsteuerbefehle mit einer höheren Rate werden entweder intern durchgeführt innerhalb der Module (z. B. eine interne Synchronisation innerhalb eines gemeinsamen Sendemoduls **204** oder Empfangsmoduls **106**) oder im selben Kanal (z. B. Befehle von dem gemeinsamen Empfangsmodul auf eine AIU **104/308** über den AIU-Steuerbus oder ein schnelles Filterhüpfen oder AGC). Platziert man die ratenintensive Steuerung eines jeden Kanals insgesamt in dem fest eingestellten Hardwarestrang, der dem Kanal zugeordnet ist (und nicht kreuzgekoppelt ist zwischen Kanälen), so erleichtert dies beträchtlich die Steuerungsarchitektur und den Aufbau der CNI-Steuervorrichtung **302**. Steuerbefehle (Durchstimmen, Schalterauswahl, Kanalfrequenzauswahl, etc.) für die Elemente in einem gegebenen Kanal ohne CMI oder INFOSEC werden normalerweise durchgeleitet von der System-CNI-Kontrollvorrichtung (welche auch kontrolliert werden kann durch Steuerbefehle von einer Steuertafel, Tastatur, Computer, u. s. w.) auf die digitalen Submodule in dem gemeinsamen Empfangsmodul oder gemeinsamen Sendemodul, die in Verbindung stehen mit dem Kanal über einen CNI-Steuer-/Datenbus, wie in **Fig. 25** gezeigt (und ausführlicher später diskutiert). Steuerbefehle werden dann von dem digitalen Submodul auf das analoge Submodul in demselben gemeinsamen Modul über die internen Durchstimmbusse geleitet, wie in den **Fig. 6B** und **7A** gezeigt, und auf die AIU in den zugehörigen Kanal über einen AIU-Steuerbus für Empfangskanäle und über einen Sendesteuerbus für Sendekanäle. Steuerbefehle von der System-CNI-Steuervorrichtung auf verschiedene Elemente in einem Kanal bei der Verwendung von CMP-Modulen und/oder INFOSEC-Modulen in dem Kanal werden später unter Bezugnahme auf die **Fig. 26** bis **33** beschrieben.

[0208] Das Steuermodul **302** (oder damit in Verbindung stehende Module) umfassen bevorzugterweise ausreichenden Speicherplatz, um die Softwareprogramme unterzubringen, welche in die verschiedenen gemeinsamen programmierbaren CNI-Module zum Zwecke des Konfigurierens der Module für die Bedienung verschiedener CNI-Funktionen heruntergeladen werden. Der tatsächliche Speichertyp hängt ab von der Gesamtgröße des benötigten Speichers und den Geschwindigkeitsanforderungen beim Herunterladen. Zum Beispiel würden ROM-Abkömmlinge mit hoher Wahrscheinlichkeit verwendet für kleine Anwendungen und eine Kombination aus einer Festplatte und RAM oder EPROM für sehr große oder mehrfache Verarbeitungsanwendungen. Programme für gemeinsame Empfangs-**106**- und Sende-**204**-und-**312**-, **-316**-CMP-Module wären in der CNI-Steuervorrichtung **302** untergebracht, aber für die meisten Systemanwendungen wären die Programme

für programmierbare INFOSEC-Module **314** in dem INFOSEC-Verwaltungsmodul **318** untergebracht. Die gemeinsamen Empfangs- und Sendemodule (sowie andere Module, wie zum Beispiel CMP-Module, welche als programmierbare Module implementiert sein könnten) können programmiert werden durch Herunterladen von Softwareprogrammen (inklusive Konfiguration) von der CNI-Steuervorrichtung auf diese Module. Jedoch gilt in einigen Fällen, insbesondere wo Geschwindigkeit ein Thema ist, dass programmierbare Module Programme aufnehmen können für mehrfache Funkfunktionen im Speicher, welche intern in den Modulen existieren. In solchen Fällen könnte die Reprogrammierungssteuerung des programmierbaren Moduls intern in den Modulen untergebracht sein, zum Beispiel, wenn verschiedene Funkprogramme automatisch zyklisch durchgetauscht werden zwischen verschiedenen internen Programmen. Andererseits gilt, dass, wenn programmierbare Module bereits verschiedene Funkprogramme im internen Speicher aufweisen, ein einfacher Steuerbefehl von der CNI-Steuervorrichtung (und vielleicht ausgelöst von einer Steuerungstafel, Tastatur, Computer, u. s. w.), wie sie zum Beispiel in Beziehung stehen zu "HF single-sideband radio" (= HF-Einzelseitenbandfunk) oder "VOR receiver" (= VOR-Empfang) auslösen können, dass das passende Programm geladen und ausgeführt wird. Auf jeden Fall bezeichnen wir ein solches Programmieren, welches durchgeführt werden kann unter Betriebsbedingungen, als "dynamisches Programmieren".

[0209] Systemtaktgeber und Referenzsignalvorrichtungen können innerhalb der Steuervorrichtung **302** für einige Anwendungen enthalten sein.

[0210] Wo notwendig, kann die Steuervorrichtung **302** (mit zugeordneten Datenprozessoren) Verarbeitungen durchführen, welche mehrfache CNI-Kanäle beinhalten, wie zum Beispiel eine Funkverbindungsanalyse und Vergleiche beim Vorliegen von "Fading" (= Schwanken der Empfangslautstärke), Interferenz und Störungen; selektives Rufen (SELCAL) und Amplituden-/Phasenvergleiche zwischen separaten Kanälen. Eine solche Datenverarbeitung könnte eingebettet sein innerhalb des Steuervorrichtungsmoduls **302** oder in separaten Datenverarbeitungsmodulen. Unabhängig davon könnten digitale Zwischenverbindungen normalerweise immer noch seriell und mit niedriger Geschwindigkeit sein. Diese Aufgaben beinhalten sehr geringe Steuerungsentscheidungen zwischen Kanälen, so dass eine Rezertifizierung des gesamten Systems inklusive der zentralisierten Kontrollvorrichtung immer dann, wenn eine CNI-Funktion hinzugefügt oder modifiziert wird, im Wesentlichen reduziert würde auf eine Zertifizierung des Hardwarestrangs, welcher der fraglichen CNI-Funktion gewidmet ist.

[0211] Die Unterteilung der Architektur der vorliegenden Erfindung erlaubt es, dass vieles von der CNI-Steuerungsvorrichtungshardware **302** und -software (inklusive Datenprozessorhardware und -software) gemeinsam ist für viele verschiedene Typen von Anwendungen, insbesondere bei passender Steuerungsvorrichtungsdimensionierung, und dass für diese Hardware und Software eine Skalierung in modularer Weise durchgeführt werden könnte, um Steuerungsvorrichtungen für verschiedene Anwendungen herzustellen.

[0212] Die einfachste Form der digitalen Zwischenverbindung in der Architektur der vorliegenden Erfindung ist ein herkömmlicher serieller, nicht zeitgemultiplexer Signalpfad zwischen einem Empfangs- oder Sendekanal und einem Anwendungsanschluss, wie zum Beispiel einem Sprach- oder Datenanschluss. Komplexere Schnittstellen, welche verwendet werden können, umfassen herkömmliche zeitgemultiplexte serielle Busse. Meistens sind die herkömmlichen Bus-Eingabe-/Ausgabe-Schaltkreise, welche für die geeigneten elektrischen Eigenschaften und Nachrichtenformate sorgen, sowie für die Busprotokolle bevorzugterweise untergebracht innerhalb eines jeden Moduls, welches über eine Schnittstelle mit einem Systembus in Verbindung steht. Weiterhin erlaubt das Bereitstellen von Programmierbarkeit dieser herkömmlichen Bus-Eingabe-/Ausgabe-Schaltkreise, dass Module in verschiedenen Anwendungen verwendet werden können, wobei eine jede von ihnen verschiedene elektrische Eigenschaften verwendet, Nachrichtenformate und Busprotokolle.

[0213] Andererseits sollten analoge Komponenten wie Isolationstransformatoren und Widerstände bevorzugterweise extern von den Modulen für einige Anwendungen in Gehäusen untergebracht sein. Diese Komponenten könnten in Gehäusen untergebracht sein, zum Beispiel in der applikationsspezifischen rückwärtigen Ebene, bei der es sich zum Beispiel um einen Verdrahtungsrahmen oder eine Mehrfachlagenplatine handeln könnte. Es gibt verschiedene Gründe für externe analoge Bus-Eingabe-/Ausgabe-Bauteile. Zunächst machen es einige Anwendungen erforderlich, dass die Busisoliationsbauteile außerhalb der Module angeordnet sind. Zweitens verlangen verschiedene Größenanwendungen eine unterschiedliche Anzahl von Buseingaben/-ausgaben, und deshalb eine unterschiedliche Anzahl von analogen Isoliationsbauteilen in einem jeden Modul. Kleinere Anwendungen verlangen vielleicht keine analogen Isoliationsbauteile in der Busschnittstelle. Anstelle einer Vergrößerung des Hardware-"Overhead" für gemeinsame Module, welche nicht alle diese relativ sperrigen Bauteile benötigen, ist es manchmal besser, sie aus den gemeinsamen Moduleinheiten auszuschließen. Drittens ist das Unterbringen von einigen der analogen Bus-Eingabe-/Ausgabe-Bauteile in der rückwärtigen Ebene

ne eine Standardmaßnahme und wird leicht durchgeführt. Viertens könnten einige der Modulschnittstellen zu Standardbussen (**1553 ARINC 429**, u. s. w.) führen, wie je nach Anwendung spezifiziert. Es könnte dann praktisch sein, Standardbusschnittstellenhardware zu verwenden, welche bereits verfügbar ist, ohne solche Hardware in ein jedes gemeinsames Modul unterzubringen.

[0214] Das Unterbringen in der Busschnittstellenhardware, die extern von den Modulen ist, in separaten Busschnittstelleneinheiten (BIU) **304** ist ein weiteres Beispiel für Vorteile, die durch die Architektur der vorliegenden Erfindung bereitgestellt werden: insbesondere die Reduktion des Overheads bei gewöhnlichen Modulen, und somit bei der Größe und dem Gewicht gewöhnlicher Module, durch Einbringen von nicht-gemeinsamen Elementen außerhalb dieser Module. Weiterhin können, falls dieses vorteilhaft angesehen wird, diese separaten BIU **304** bevorzugterweise programmierbar sein, um über eine Schnittstelle mit Modulen eines beliebigen Typs über eine große Palette von Bustypen verbunden zu sein.

[0215] Fig. 3 zeigt insbesondere Busschnittstelleneinheiten **304**, die zu den CNI-Bussen gehören. Jedoch könnten solche Einheiten **304** an verschiedenen Orten in der Architektur untergebracht werden, wie durch die Anwendungserfordernisse für die Busisolierung und die Busstandardisierung vorgegeben. Es ist abermals die Absicht, eine offene Architektur für gemeinsame programmierbare Module in mehrfachen funktionellen CNI-Kanälen und in mehrfachen CNI-Anwendungen beizubehalten.

[0216] Einige Anwendungen können eine Busisolierung innerhalb der gemeinsamen Module dort erfordern, wo zum Beispiel die Transceiver des Busses des Moduls über einen zweifach redundanten Bus über getrennte Isolationstransformatoren verbunden sind. Diese Transformatoren schützen das Modul im Falle eines Busversagens außerhalb des Moduls. Ein Versagen, das auf dem aktiven Bus auftritt, wird von dem Modul ferngehalten, und das Modul kann weiterhin auf einem redundanten Bus betrieben werden. Jedoch gilt, wie oben erläutert, dass es erwünscht ist, die sperrige analoge Isolationshardware von den gemeinsamen Modulen zu isolieren, um den Hardware-Overhead für die gemeinsamen Modulanwendungen, die nicht für alle Busisolierungsschaltkreise benötigt werden, zu eliminieren. Ein wichtiges Merkmal der Architektur der vorliegenden Erfindung ist, dass gemeinsame Modulersatzteile programmiert werden können, um viele CNI-Funktionen zu bedienen. Anstelle zu fordern, dass ein Modul geschützt werden muss gegen Busversagen, kann somit das Modul auf einem redundanten Bus arbeiten, wobei die Architektur es dem Modul einfach erlauben kann, ebenfalls zu versagen, und dann wird ein weiteres Modul reprogrammiert, um seinen Platz zu übernehmen. Der Grund, warum eine Modulreprogrammierung attraktiver sein kann als ein interner Modulisolierungsschutz, wird nun erklärt.

[0217] Man beachte, dass ein Versagen eines Busses, welcher ein Modul lahmlegt, stattfinden muss in dem Stummel zwischen den Isolationsschaltkreisen an der Busschnittstelle, welche außerhalb vom Modul und dem Isolationstransformator innerhalb des gemeinsamen Moduls ist. Ist die Isolationsschaltung an der Busschnittstelle in einer rückwärtigen Ebene untergebracht und ist das gemeinsame Modul eine Einsteckeinheit, so ist die Wahrscheinlichkeit eines Versagens des Stummels gering. Beim Überprüfen der Notwendigkeit für eine interne Busisolierung beim Auslegen gemeinsamer Module für mehrfache CNI-Funktionen und mehrfache CNI-Anwendungen müssen die Systemdesigner abwägen hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit eines Versagens in einem solchen Stummelabsatz (und der Notwendigkeit zum Reprogrammieren und Umschalten auf ein gemeinsames Ersatzmodul) im Vergleich zu dem zusätzlichen Hardwareaufwand beim Unterbringen von Isolationsschaltkreisen für die verschiedenen Buseingaben/-ausgaben innerhalb des gemeinsamen Moduls. Da viele Anwendungen immer eine minimale Anzahl von Buseingaben/-ausgaben benötigen werden, könnte die optimale Modulimplementierung für all diese Anwendungen in einer minimalen Anzahl von internen Busisolierungsschaltkreisen plus zusätzlichen Buseingaben/-ausgaben bestehen, welche verfügbar sind, wenn sie benötigt werden.

[0218] Busspannungspegel sind ein weiterer wichtiger Aspekt. Für die meisten Anwendungen sind die Busspannungen so ausgelegt, dass sie in die gemeinsamen Module hineinlaufen und geeignete Leitungstreiber verwendet werden. Aber es kann auch wünschenswert sein, gemeinsame Module zwischen Anwendungen mit unterschiedlichen (d. h. spezifizierten) Busspannungspegeln zu verwenden. In diesem Falle könnten separate BIU **304** die Spannungspegel außerhalb der gemeinsamen Module transformieren, oder programmierbare Leitungstreiber könnten innerhalb der gemeinsamen Module untergebracht werden.

[0219] Herkömmliche Systemanwendungsanschlüsse, welche eine Schnittstelle bilden mit den hierin beschriebenen Radiokanälen, und welche die Information verwenden, die in den digitalen Informationssignalen enthalten ist, die mit den Funkkanälen zusammenhängen, können fast alles umfassen: Audiogeräte für den Benutzer (Mikrofone, Lautsprecher, Kopfhörer, Alarmvorrichtungen), Workstations (Tasten, Anzeigen, Steuer- tafeln, Computer, Drucker, Faxgeräte), Videovorrichtungen (Kameras und Anzeigen), Sensoren (Temperatur,

Druck, Höhe, u. s. w.), Anwendungscomputer, Geräteverwaltungseinheiten und Monitore, Steuerungseinrichtungen, Aktuatoren, kryptografische Einrichtungen und Schnittstellen mit anderen Kommunikationsgeräten. In einigen Systemanwendungen sind solche Anschlüsse über Schnittstellen mit dem integrierten System über Standardbusse verbunden. Bei anderen Systemanwendungen sind die Anschlüsse maßgeschneidert, um über Schnittstellen mit anwendungsspezifischen Systembussen verbunden zu sein. Egal wie, in jedem Fall werden entweder die CNI-Steuerungsvorrichtung **320** diese Schnittstellen verwalten, oder die Schnittstellen können verwaltet werden über eine Steuerungsfunktionalität, welche extern von der erfindungsgemäßen Architektur untergebracht ist, und zwar manchmal in den Anwendungsanschlüssen selbst.

[0220] Die Architektur der vorliegenden Erfindung vermeidet das Problem von HF- und/oder IF-"Matrixumschaltungen" zwischen Modulen. Zunächst wird die Umschaltung der Zwischenfrequenz (IF) und Signalverteilung komplett innerhalb der gemeinsamen Empfangs-**106**- oder Sende-**104**-Module enthalten sein. (Die einzige Ausnahme ist, wenn ein Eingabe-HF-Bereich, welcher nicht innerhalb des Frequenzbereichs des gemeinsamen Empfangs- und Sendemoduls fällt, blockumgewandelt wird (siehe **Fig. 5**) in einer AIU **308** zu (oder von) einer IF, welche in den HF-Bereich des gemeinsamen Empfangs-**106**- und Sende-**204**-Moduls fällt). Beim gemeinsamen Empfangsmodul **106** werden analoge HF-Signale eingegeben und ein digitaler Datenstrom ausgegeben. Umgekehrt wird in das gemeinsame Sendemodul **204** ein digitaler Datenstrom eingegeben und analoge HF ausgegeben. Zweitens gilt, wenn man den AIU **308** (und den HF-Schaltmodulen für Ersatzempfangs- und -sendemodulen) erlaubt, applikationsspezifisch zu sein, es dies ermöglicht, dass diese maßgeschneidert werden, um ein HF-Schalten zwischen Modulen zu reduzieren. Ein Beispiel bestünde darin, wenn die Lokalisierungs-, Gleitpfad- und Markierungsbakerfunktionen eines Instrumentenlandesystems (ILS) einem Zeitmultiplexverfahren (TMUXed) innerhalb einer einzelnen ILS-AIU unterzogen werden, dass eine einzelne HF-Leitung verbunden ist zwischen der AIU **308** und dem gemeinsamen Empfangsmodul **106**. Das gemeinsame Empfangsmodul **106** verarbeitet dann die drei Funktionen, ebenfalls auf einer TMUX-Basis. (Ein Zeitmultiplexverfahren von Überwachungskanälen ist auch ein Beispiel für TMUX). Obwohl ein Zeitmultiplexverfahren bei den ILS-Komponenten (LOC, GS und MB) oder ein Zeitmultiplexverfahren bei den Überwachungskanälen auftritt bei den relativ bescheidenen Raten von einigen zig oder einigen hundert von Hertz, können zusätzliche CNI-Funktionen, die niemals gleichzeitig verwendet werden (d. h., die während derselben Zeitdauer einem Zeitmultiplexing unterliegen) enthalten sein in derselben AIU und verbunden sein mit denselben gemeinsamen Sende- oder Empfangsmodulen. **Fig. 23** zeigt Beispiele für eine spezielle Systemanwendung im militärischen Luffahrtbereich. Zum Beispiel ist ein gemeinsames Empfangsmodul **2326** verbunden mit einer NAV AIU **2314**, welche AIU-Elemente enthält für die nur mäßig einem Zeitmultiplexverfahren unterworfenen ILS-Komponenten (LOC, GS und MB) sowie für VOR und ADF (= automatic direction finder = automatischer Richtungsfinder). Die Nur-Empfangsfunktionen ILS, VOR und ADF werden niemals zur selben Zeit in dieser Anwendung verwendet. Deshalb wird nur ein einzelnes gemeinsames Empfangsmodul **2326** für diese AIU benötigt.

[0221] Weiterhin wird TACAN, welches nur ein einzelnes gemeinsames Empfangsmodul benötigt, ebenfalls niemals gleichzeitig mit diesen Funktionen verwendet. TACAN kann deshalb dasselbe gemeinsame Empfangsmodul **2326** mit ILS, VOR und ADF teilen. Weiterhin gilt, da TACAN auch dasselbe gemeinsame Sendemodul **2332** mit IFF/Mode S teilen kann und da es vom Standpunkt des Designs wünschenswert ist, die TACAN-AIU-Elemente mit den IFF/Mode-S-Elementen in dieselbe AIU **2316** zu bringen, die vorliegende Erfindung das TACAN-Signal von den TACAN-Antennen zunächst in das Xpond/TACAN AIU durchleitet, dann durch den geteilten Empfangspfad, in die Nav AIU **2314** und in das gemeinsame Empfangsmodul **2326**.

[0222] **Fig. 36** veranschaulicht ein einzelnes gemeinsames Empfangsmodul (z. B. **2320**) und ein einzelnes gemeinsames Sendemodul (z. B. **2324**), die aufgeteilt werden können zwischen zwei verschiedenen AIU, wobei in diesem Falle eine AIU **2310** der HF-Funkfunktion gewidmet ist und eine AIU **2312** den VHF- und UHF-Funkfunktionen. Zum Beispiel wird ein Befehl zum Bedienen eines HF-Funkgeräts ausgesendet von einem Benutzer bei einem Anwendungsanschluss durch die Systemsteuerungsvorrichtung (nicht gezeigt) auf das gemeinsame Empfangsmodul **2320**. Der Befehl wird weitergeleitet über den AIU-Steuerbus **3624**, um die Schnittstelle **3622** in der AIU **2312** zu steuern, welche die Schalter **3618** und **3620** in die HF-Position bringt. Andere Befehle, wie zum Beispiel Filterdurchstimmen, AGC- oder T/R-Schalterauswahl werden von dem gemeinsamen Empfangsmodul **2320** über den AIU-Steuerbus **3624** gegeben, um die Schnittstelle **3604** zu steuern, welche die geeignete Funktionalität in der AIU **2310** steuert. Sendebefehle, wie zum Beispiel der Leistungsausgabepiegel, werden vom gemeinsamen Sendemodul **2324** ausgegeben zum Steuern der Schnittstelle **3604** in der AIU **2310** auf den Leistungsverstärker (PA) oder damit zusammenhängende Leistungsausgabesteuerungen (nicht gezeigt). Wird dann ein Befehl gegeben, um ein VHF-Funkgerät zu bedienen, so ist dessen Bedienung ähnlich zu dem oben Genannten, außer dass das gemeinsame Empfangsmodul **2320** die Steuerungsschnittstelle **3622** so steuert, dass die Schalter **3610**, **3618** und **3620** in die VHF-Position umgelegt werden. Die Steuerungsschnittstelle **3622** kontrolliert auch den Schalter **3606** zu der oberen Antenne **3628** oder

der unteren Antenne **3630** über Befehle, die von dem Benutzer empfangen werden und auf die Steuerungsschnittstelle **3622** mittels eines gemeinsamen Empfangsmoduls **2320** gegeben werden.

[0223] Fig. 37 zeigt, wie eine einzelne AIU **2314** mehrere Funkfunktionen bedienen kann, in diesem Falle Very-High Frequency Onmi Range (VOR) und (Instrument Landing System) Lokalisierer, Gleitpfad und Markierungsbake. In dieser Figur bedient das gemeinsame Empfangsmodul **2326** auch die Tactical Air Navigation (TACAN) Funkfunktion in Zusammenarbeit mit der AIU **2316**. Man beachte, dass in diesem zuletzt genannten Fall die Steuerung der AIU **2316** von entweder dem gemeinsamen Empfangsmodul **2326** über den AIU-Bus **2327** oder über einen AIU-Bus (nicht gezeigt) kommen kann von einem anderen gemeinsamen Empfangsmodul. Zum Beispiel wird für einen VOR-Betrieb ein Befehl durch einen Benutzer ausgelöst (entweder manuell oder über eine automatische CNI-Systemrekonfiguration, die auf der Position eines Luftfahrzeugs beruht) weitergegeben zu der CNI-Steuerungsvorrichtung (nicht gezeigt), auf das gemeinsame Empfangsmodul **2326** und auf die Steuerungsschnittstelle **3710** über den AIU-Steuerungsbus **2327**, welcher die Schalter **3708** und **3704** auf die VOR-Antenne **3716** umschaltet. Andere Befehle, wie zum Beispiel für eine Filterdurchstimmung oder AGC, werden vom gemeinsamen Empfangsmodul **2326** über den AIU-Steuerungsbus **2327** weitergegeben, um die Steuerungsschnittstelle **3710** zu steuern, welche die passende Funktionalität bei den V/UHF-Empfangsfunktionen **3706** befiehlt. Falls ein Befehl gegeben wird, die ILS-Funktionen zu bedienen (entweder manuell oder über eine automatische CNI-Systemrekonfiguration basierend auf der Position eines Luftfahrzeugs), so wird der Befehl von der CNI-Steuerungsvorrichtung (nicht gezeigt) auf das gemeinsame Empfangsmodul **2326** gegeben, welcher die Lokalisierungs-, Gleitpfad- und Markierungsbakenfunktionen einem Zeitmultiplexverfahren unterzieht. Während einer jeden Zeitspanne, die einer dieser Funktionen zugeordnet ist, werden Schalter **3704** und **3708**, sowie andere Funktionalitäten, die in den V/UHF-Empfangsfunktionen **3706** untergebracht sind, wie zum Beispiel AGC, entsprechend der zu bedienenden ILS-Funktion zu diesem Zeitpunkt, über Befehle passend eingestellt, die ausgesendet wurden vom gemeinsamen Empfangsmodul **2326**, um die Steuerungsschnittstelle **3710** über den AIU-Steuerungsbus **2327** zu steuern.

[0224] Fig. 38 veranschaulicht eine mögliche AIU-Konfiguration **3850** für eine Multifunktionsantenne **8301**, wie sie zum Beispiel in einem militärischen Flugzeug mit hoher Leistungsfähigkeit verwendet wird. Sie veranschaulicht auch die beträchtliche Flexibilität, die bereitgestellt wird durch die Fähigkeit der erfindungsgemäßen Architektur, relativ wenige gemeinsame Module für viele CNI-Funktionen zu verwenden. Für diese Anwendungen muss die zusätzliche AIU-Komplexität abgewogen werden gegen die höchst wünschenswerte Verringerung in der Luftfahrzeugantennenfläche. Der Frequenzmultiplexer **3802** trennt und filtert verschiedene Funkfunktionen. In diesem Beispiel erhalten die Funkbake (MB = marker beacon), TACAN und "Gleitpfad" (GS) eine hochselektive Filterung im Multiplexer **3802**. Da VOR, LOC und VHF Comm relativ dicht beieinander sind in der Frequenz, erhalten diese zuletzt genannten Funktionen eine zusätzliche Filterung in den Filtern **3804**, **3806** und **3808**. Entsprechend erhält der Mode-S-Transponder eine zusätzliche Filterung im Duplexer **3810**. Während des Fluges sind die ILS-Funktionen inaktiv. Das Bedienungspersonal kann wählen zwischen VOR oder TACAN, wobei die Schalter **3812**, **3814**, **3816**, **3818** und **3820** in passender Weise umgelegt werden für eine jede der Navigationsfunktionen, um die Antenne **3801** mit dem gemeinsamen Empfangsmodul **3822** zu verbinden. Gleichzeitig mit dem VOR- oder TACAN-Betrieb kann das Bedienungspersonal über die gesteuerten Schalter **3824** und **3826** und die gemeinsamen Empfangs- und Sendemodule **3828** und **3830** wählen, ob VHF- oder UHF-Funk gesendet oder empfangen werden soll. Bei diesem speziellen Beispiel kann das Bedienungspersonal auch entweder TACAN oder den Mode-S-Transponder wählen. Wird TACAN in der "Träger"-Betriebsweise verwendet, so wird die Antenne **3801** mit dem gemeinsamen Empfangsmodul **3822** durch geeignetes Umschalten verbunden, wie zuvor erläutert. Wird TACAN als Abfragevorrichtung verwendet, so verbinden die Schalter **3832**, **3818** und **3816** das gemeinsame Empfangsmodul **3834** und den L-Band-Leistungsverstärker **3836** mit der Antenne **3801** durch den Frequenzmultiplexer **3802**. Nach der Identifikation wird der Schalter **3816** umgelegt, um die Antenne **3801** mit dem gemeinsamen Empfangsmodul **3822** zu verbinden, um die Antwort auf die TACAN-Identifikation abzuhören. Befehle auf den Schalter **3816**, welcher umgelegt ist, um die Antenne **3801** mit dem Duplexer **3810** zu verbinden, ermöglichen den Betrieb in der Mode-S-Betriebsart. In diesem Falle lauscht das gemeinsame Empfangsmodul **3838** auf Mode-S-Identifikationen und, nach Empfangen und Verarbeiten solcher Identifikationen, wird die geeignete Antwort ermittelt, so werden die geeigneten Befehle auf das gemeinsame Sendemodul **3834** über den Transponderbus **3840** ausgegeben. Der Schalter **3832** wird ordnungsgemäß umgelegt, um ein gemeinsames Sendemodul **3834** und den L-Band-Leistungsverstärker **3836** mit der Antenne **3801** durch den Duplexer **3810** und den Frequenzmultiplexer **3802** zu verbinden. Um TACAN und Mode S gleichzeitig zu bedienen, was in einigen Fällen erforderlich sein mag, muss das gemeinsame Empfangsmodul durchgängig auf die Mode-S-Identifikationen hören. Ein Umlegen des Schalters **3816** auf einen Leistungsteiler macht dies möglich, obwohl die TACAN- und Mode-S-Funktionen dann ungefähr die Hälfte der Empfangs- und Sendeleistung verlieren. Da TACAN und Mode S auf denselben oder fast denselben Frequenzkanälen operieren können, ist ein Frequenzmultiplexverfahren zwischen diesen zwei Ka-

nähen im Multiplexer **3802** schwierig. Um einen gleichzeitigen Betrieb zu erreichen mit weniger Empfangs- und Sendeverlust, kann der Schalter **3832** geändert werden auf einen Einzelpoldreifachumschalter, wobei eine separate Empfangseingabe **3842** (z. B. von einer separaten Mode-S-Antenne) mit dem gemeinsamen Empfangsmodul **3838** verbunden sein. In diesem Falle mag es nicht notwendig sein, ein separates gemeinsames Sendemodul **3834** oder einen L-Band-Leistungsverstärker **3836** für TACAN und Mode S zu haben, da TACAN-Identifikationen um Mode-S-Antworten herum terminiert werden können, wodurch es ermöglicht wird, das gemeinsame Sendemodul **3834** und den L-Band-Leistungsverstärker **3836** zwischen diesen beiden Funkfunktionen in einem Zeiteilungsverfahren zu verwenden. Während des Landens sind die ILS-, Mode-S- und VHF-Funkfunktionen aktiv. VOR-, TACAN- und UHF-Funk werden nicht verwendet. Die ILS-Funktionen, bei denen es sich um Nur-Empfang (MB, LOC und GS) handelt, werden über die Schalter **3812** und **3814** auf das gemeinsame Empfangsmodul **3822** im Zeitmultiplexverfahren gegeben. VHF-Funk und Mode S werden gleichzeitig durchgeführt, wie zuvor erläutert. HF-Vorkonditionierung, die spezifisch ist für die oben beschriebenen Funktionen, wird bereitgestellt in HF-Vorkonditionierungseinheiten **3844**, **3846**, **3848** und **3850**. Die besondere Funktionalität einer jeder dieser Einheiten (Beispiele wie AGC und Verstärkung mit niedrigem Rauschen, welche vorher gegeben wurden unter Bezug auf AIU-Diskussionen) wird maßgeschneidert, um die Systemanforderungen der jeweiligen besonderen Luftfahrzeuganwendung zu erfüllen.

[0225] Drittens, und vielleicht am wichtigsten, verbindet die Architektur nicht jede AIU **104/308** mit jedem gemeinsamen Empfangs-**106**- und Sende-**204**-Modul, denn täte man das, so würde dies große, teure, komplexe HF-Schaltmatrizen erfordern, welche die physischen Zwischenverbindungen zwischen Modulen verkomplizieren würden, und eine solche volle Verbindbarkeit ist nicht notwendig. Zum Beispiel sieht man aus **Fig. 23**, dass zumindest eine CNI-Funktion, die einer jeder der drei AIU zugeordnet ist, zu jeder beliebigen Zeit verwendet werden könnte, z. B. VHF, VOR und IFF, die alle zur selben Zeit verwendet werden, so dass die gemeinsamen Empfangs- und Sendemodule, die mit einer dieser Funktionen zusammenhängen, nicht verwendet werden mit einer anderen CNI-Funktion (es sei denn, dies würde durch andere Notwendigkeiten erforderlich gemacht, wie später diskutiert). Somit gibt es nur einen geringen Nutzen durch die Bereitstellung einer teuren, komplexen HF-Matrixschaltung, welche alle AIU mit allen gemeinsamen Empfangs- und Sendemodulen verbinden könnte. Deshalb gilt, obwohl ein jedes dieser zuletzt genannten Module programmiert werden kann für eine beliebige Anzahl von CNI-Funktionen, dass sie üblicherweise zu einer einzelnen AIU **308** zugeordnet werden, gemäß den Funkfunktionen, die bereitgestellt werden für eine bestimmte Systemanwendung. Eine Ausnahme dieser Eins-zu-Eins-AIU/gemeinsamen Modul-Regel ist die Gruppierung von zwei oder mehreren AIU mit gemeinsamen Modulen, wie beispielhaft ausgeführt durch die Aufteilung des gemeinsamen Empfangsmoduls **2326** mit sowohl der Nav AIU **2314** und der Xpond/TACAN AIU **2316**. Eine andere Ausnahme besteht darin, dass, falls dies für eine bestimmte Anwendung gewünscht wäre, wir zum Beispiel einen Schalterpfad bereitstellen könnten zwischen einem gemeinsamen Xpond/TACAN-Empfangsmodul **2328** und der Nav AIU **2314** für zusätzlichen Schutz gegen mehrfache Funkausfälle der flugkritischen ILS-Funktion. Das heißt, falls beide Empfangsmodule (eines in einem jeden Rahmen), die normalerweise der flugkritischen ILS-Funktion zugeordnet sind, ausfallen, wenn ein Flugzeug bei schlechten Sichtbedingungen landet, der Pilot TACAN oder einen Transponder umgehen könnte, um ein anderes Funksystem für ILS zu programmieren und somit das Flugzeug sicher zu landen. Dies zeigt wiederum die Flexibilität der Architektur der Erfindung, worin die nicht gemeinsame AIU maßgeschneidert werden kann während des Designs der Systemanwendung, um diesen zusätzlichen Schalterpfad bereitzustellen zwischen einem gemeinsamen Empfangs- oder Sendemodul und einer AIU. Die Ausnahme sind die Ersatzempfangs- und -sendemodule, die verbunden sind mit allen AIU über relativ simple SPMT-Schalter **306**. Enthalten solche Schalter zu viele "Schaltstellungen", was unwahrscheinlich ist für die meisten Anwendungen, die Redundanz erfordern, so werden zusätzliche gemeinsame Ersatzmodule, welche einer Untergruppe von AIU mit kleineren SPMT-Schaltern zugewiesen sind, verwendet. Eine andere Ausnahme ist dort, wo gemeinsame Empfangs- und Sendemodule mehrfachen AIU zugeordnet sind, so dass diese Module zugeordnet werden als Ersatzteile für andere Funkfunktionen auf einer priorisierten Basis. Zum Beispiel könnte eine Kommunikationsfunktion fallen gelassen werden zu Gunsten einer benötigten flugkritischen ILS-Funkfunktion. Jedoch ist die HF-Umschaltung in diesem Falle ebenfalls minimal.

[0226] Die Einzelheiten des Busaufbaus, d. h. die Protokolle, Formate, elektrischen und physikalischen Eigenschaften hängen von der spezifischen Anwendung ab. Der Vorteil der erfindungsgemäßen Architektur besteht darin, dass die Programmierbarkeit der verschiedenen Module (zusätzlich geeigneter Busschnittstelleneinheiten, falls benötigt) die Flexibilität bereitstellt, um eine breite Palette von Busanforderungen zu erfüllen. Mit der offenen Architektur der vorliegenden Erfindung können verschiedene Anbieter Softwarepakete für die unterschiedlichen Typen von Bussen entwickeln. Diese Pakete werden auf einfache Weise in die programmierbaren Module heruntergeladen, oder die Pakete können in geeigneten BIU bereitgestellt werden, falls erwünscht. Weiterhin werden die meisten Pakete einen Bus bereitstellen, welcher für eine große Anzahl von Anwendungen anwendbar ist.

[0227] Aber unabhängig von der Anwendung besitzen die in der vorliegenden Erfindung verwendeten Busse bevorzugterweise Merkmale, die üblicherweise nicht bei anderen integrierten CNI-Systemarchitekturen gefunden werden.

[0228] Ein Hauptmerkmal der erfindungsgemäßen Architektur besteht darin, dass eine Modulunterteilung so vorliegt, dass zum größten Teil Bitströme mit relativ niedriger Geschwindigkeit (zur Steuerung, Taktgebung, Statusabfrage, Daten, etc.) zwischen den verschiedenen Modulen ausgetauscht werden. Die Busse sind fast immer seriell, was ein wichtiger Vorteil ist, sie können aber auch parallel sein, falls dies benötigt wird.

[0229] In der Architektur können die Eingaben/Ausgaben der programmierbaren Module für die Busse programmiert werden, und zwar so, wie von dem Modul für eine bestimmte CNI-Funktion und Systemanwendung benötigt, inklusiv Anfordererfordernisse für die Busredundanz. Normalerweise sind die Eingaben/Ausgaben der verschiedenen Module für die CNI-Funktion und Anwendung dimensioniert, welche die meiste Anzahl von Bussteckkontaktausgängen benötigt. Jedoch benötigen selbst die meisten kleineren Anwendungen im Allgemeinen dieselbe Anzahl von Buseingaben/-ausgaben auf einem jeden Modul. Falls aber als notwendig angesehen, können kleinere Anwendungen, die nicht alle Buseingaben/-ausgaben benötigen, die verfügbar sind, immer den "Overhead" reduzieren durch Verwendung kleinerer Hardware, zum Beispiel einer kleineren Eingabe-/Ausgabesteckverbindung.

[0230] Programmierbare Buseigenschaften: Busprotokolle und andere herkömmliche Eigenschaften sind anwendungsspezifisch und bevorzugterweise programmierbar, und außer für die hierin beschriebenen Busbeispiele, liegen sie außerhalb des Bereichs der vorliegenden Anwendung. Der Vorteil der erfindungsgemäßen Architektur besteht darin, dass die Protokolle, Formate und elektrischen Eigenschaften eines jeden Busses maßgeschneidert werden können über Eingabe-/Ausgabeprogrammierbarkeit auf die Typen von Busverkehr in verschiedenen Klassen von CNI-Anwendungen. Zum Beispiel ermöglicht die durch die Programmierbarkeit von Busschnittstellen bereitgestellte Flexibilität, dass Busse seriell oder parallel sein können, synchron oder asynchron, unidirektional oder bidirektional, um sowohl standard- als auch kundenspezifische Protokolle zu enthalten. Weiterhin können diskrete Steuerungsschnittstellen wie zum Beispiel für die diskreten Sendesignale, die hier erläutert worden sind, programmiert werden.

[0231] Solch ein Programmieren der digitalen Schnittstellen für das gemeinsame Empfangs- und Sendemodul wird durchgeführt durch Herunterladen von Konfigurationsdaten von einer Einheit, die extern zum Kanal ist. Diese externe Einheit kann die Systemsteuerungsvorrichtung (CNI) sein, zum Beispiel falls die Systemzwischenverbindungen zwischen Einheiten geändert werden (z. B. umgeschaltet werden) während des Betriebs des Systems. In den meisten Fällen sind jedoch die Bus- und diskreten Zwischenverbindungen zwischen den verschiedenen Systemeinheiten üblicherweise fest eingestellt (z. B. durch Zwischenverbindungen in der rückwärtigen Ebene), so dass das Herunterladen einer Konfiguration zum Beispiel von einer Testdatenbank durchgeführt wird. Weiterhin gilt, falls dies als vorteilhaft betrachtet wird, dass es möglich ist, einen Teil oder die gesamte Programmierung der digitalen Schnittstellen manuell durchzuführen, z. B. durch Umliegen von Schaltern innerhalb der gemeinsamen Empfangs- und Sendemodule. Letztendlich können programmierbare digitale Schnittstellen auch implementiert werden in anderen Systemeinheiten, was vorteilhaft sein kann in den CMP- und INFOSEC-Einheiten, was gebraucht werden kann, um verschiedene Busanforderungen für unterschiedliche Systemanwendungen zu erfüllen und/oder welche die verschiedenen Schnittstellendefinitionen für unterschiedliche Typen von Anschlüssen innerhalb derselben Anwendung erfüllen müssen.

[0232] Abhängig von der Anwendung werden die Eingaben/Ausgaben der verschiedenen Module auf eine Schnittstelle programmiert mit anderen Elementen innerhalb der CNI-Vorrichtung über verschiedene Typen von Bussen. Beispiele von Bussen für verschiedene CNI-Funktionen und -Anwendungen werden unten erläutert. Die physischen Busverbindungen auf einen jeden Typ von Modul werden bestimmt durch die rückwärtige Ebene oder andere physische Zwischenverbindungsschemata, welche maßgeschneidert sind für eine spezielle Anwendung.

[0233] Die physikalischen Eigenschaften (Spannungspegel, u. s. w.) von einigen Bussen, welche eine Schnittstelle haben zu herkömmlichen externen Geräten (Steuerungs-/Anzeigeneinheiten, Audioschnittstellen, Faxgeräte/Drucker, Sensoren, u. s. w.), sind bereits durch die Industrie u. s. w. für einige Anwendungen normiert, und in diesen Fällen mögen separate BIU-Module **304** (siehe **Fig. 3**) bevorzugterweise zu verwenden sein, um einen übermäßigen "Overhead" bei Bushardware in den gemeinsamen Moduleinheiten zu vermeiden.

[0234] Andererseits können Busse, die vollständig innerhalb der Architektur liegen (z. B. der AIU-Steuerungsbus, Sendesteuerungsbus, Transpondbus, schwarzer Steuerungs-/Datenbus, MA-Nachrichtenbusse und IN-

FOSEC-Busse, die, falls notwendig, einem Redesign durch den Fachmann unterworfen werden können), speziell festgelegt sein durch die Anwendung. Da verschiedene zukünftige CNI-Anwendungen entwickelt werden, bei denen der Ansatz programmierbarer gemeinsamer Module verwendet wird, können die internen Busse Buseigenschaften verwenden, die kompatibel sind mit den Eingabe-/Ausgabeeigenschaften der verschiedenen Module, wodurch die Notwendigkeit für separate BIU-Module **304** vermieden wird. Letztendlich werden die Eigenschaften der internen Busse für verschiedene Klassen von Anwendungen bevorzugterweise normiert sein, um es für die Anbieter der verschiedenen Module in dieser offenen Architektur einfacher zu machen.

[0235] Die bevorzugte Busstruktur ist kompatibel mit der unmittelbar gegebenen Skalierbarkeit, die durch den kanalmäßig implementierten Ansatz geboten wird, d. h. es werden einfach nur parallele Kanäle hinzugefügt, um mehr CNI-Funktionen durchzuführen. Da der Hauptteil der Kanalsteuerung über Intrakanalbusse (AIU-Steuerungsbus, Sendesteuerungsbus, Transponderbus) durchgeführt wird, sowie über Busse, die im Innern einer jeden gemeinsamen Moduleinheit für Steuerungsfunktionen bereitstehen, wie zum Beispiel ein Durchstimmen eines Synthesizers, einer IF-Filterauswahl, und Kanal-AGC-Einstellungen, beinhaltet das Hinzufügen von System-CNI-Kapazität lediglich die Bereitstellung einer ausreichenden Kapazität auf dem CNI-Steuerungs-/Datenbus und, falls benötigt, dem CNI MA-Nachrichtenbus (siehe **Fig. 3**).

[0236] Eine Verkehrskapazität mit niedriger Geschwindigkeit von ungefähr einigen Megabit pro Sekunde für die Steuerungs- und Nachrichtenbusse, die mit dem gemeinsamen Empfangs-**106**- und Sende-**204**-Modul verbunden sind, sollte selbst für die größten Anwendungen ausreichend sein, insbesondere da viele Anwendungen in Verbindung stehen mit Kommunikations-, Navigations- und Identifikations-(CNI)-Funkressourcen mit deren jeweiligen Kommunikations-, Navigations- und Identifikations-(CNI)-Anschlüssen. Separate Busse werden verwendet für eine jede Funktionsklasse, und die CNI-Steuerung **302** kann während der Entwicklung des Systems für eine spezielle Anwendung geeignet konfiguriert werden. Somit sollte die Buskapazität der herkömmlichen seriellen Busse ausreichend sein, um Kanäle hinzuzufügen ohne die Notwendigkeit, zusätzliche Busleitungen hinzuzufügen, was zusätzliche Buseingaben/-ausgaben **304** auf den verschiedenen Module notwendig macht.

[0237] Die bevorzugte programmierbare Buseingabe-/ausgabeeigenschaft erlaubt auch eine Intrakanalskalierbarkeit; das heißt, Module können innerhalb eines programmierbaren Kanals hinzugefügt oder weggenommen werden. Zum Beispiel können die Eingaben/Ausgaben der gemeinsamen Tx-**204**- und gemeinsamen Rx-**106**-Module programmiert werden, um direkt über eine Schnittstelle mit der CNI-Steuerung **302** sowie externen Anwendungsanschlüssen über den CNI-Steuerungs/Datenbus und den CNI MA-Nachrichtenbus verbunden zu sein. Wird aber ein CMP-Modul **310** innerhalb des Kanals verwendet, so können die Eingaben/Ausgaben der gemeinsamen Sende-**204**- und Empfangs-**106**-Module programmiert werden, um über eine Schnittstelle direkt mit der CMP-Einheit **310** in Verbindung zu stehen.

[0238] Eine jede Anwendung wird ihren eigenen Satz von Bussen aufweisen, abhängig von den Busverkehrsanforderungen. Nicht alle der unten aufgeführten Busse werden für jede Anwendung verwendet. Weiterhin gilt, dass, abhängig von den Busverkehrsanforderungen, einige der unten aufgeführten Busse in einen einzelnen physischen Bus kombiniert werden können mit einem passenden Protokoll. Abhängig von Zuverlässigkeitsbetrachtungen hinsichtlich des Systems können fehlertolerante (d. h. zum Beispiel zweifach redundante) Busse verwendet werden.

[0239] CNI-Steuerungs-/Datenbusse **322** (**Fig. 3**) sind bidirektionale serielle Busse, bevorzugterweise asynchron, welche formatiert werden für die Primärfunktion des Hindurchlassens der Steuerungs- und Statusdaten von der CNI-Steuerung **302** auf die verschiedenen gemeinsamen Kanalmodule und externen Anschlüsse, wie ebenfalls in den **Fig. 25 bis 33** gezeigt. Normalerweise handhaben Steuerungs-/Datenbusse Nachrichten, die relativ kurz und aperiodisch sind. Eine Formatierung von Nachrichten (aber nicht notwendigerweise des Protokolls) ist bevorzugterweise ähnlich zu MIL-STD **1553** oder ARINC **429**, weil vor dem Hindurchleiten der nächsten Nachricht jede komplette Nachricht über den Bus geleitet wird. Nachrichten können umfassen: HF- oder digitale Signaldurchleitung; Durchstimmparameter; eingebaute Selbsttest-(BIT = built-in-tests)-Steuerungsbefehle; und Ressourcenkonfiguration. Der Steuerungs-/Datenbus **322**, der in den anderen Figuren gezeigt ist, erlaubt es der CNI-Steuerung **302**, Statusinformation von den verschiedenen Elementen zu erhalten, so dass eine geeignete Handlung (Anzeige von Warnungen, automatische Systemrekonfiguration, u. s. w.) ergriffen wird. Alle der oben genannten Funktionen werden durchgeführt auf einem oder mehreren Steuerungs-/Datenbussen, abhängig von den Busverkehrsanforderungen für die jeweilige Anwendung. Zum Beispiel kann, um höhere Verkehrsaufkommen zu handhaben, der CNI-Steuerungs-/Datenbus **322** aufgeteilt sein in zwei separate serielle Busse, wobei ein Bus das gemeinsame Empfangsmodul **106** und Sendemodul **204** bedient und der andere Bus die anderen Anschlüsse bedient. Längere Nachrichten, wie zum Beispiel digitali-

sierte Sprache, Videodaten, Dateiübertragungen, u. s. w., können separate Nachrichtenbusse erfordern, wie später beschrieben ist, insbesondere wenn mehrere Benutzeranschlüsse betroffen sind. Jedoch können abhängig von den Anwendungsverkehrsanforderungen Steuerungs-/Datenbusse **322** für kleinere Anwendungen Folgendes leisten: Herunterladen von CNI-Modulrekonfigurationsdaten auf die programmierbaren Elemente, Weiterleiten von Daten zwischen der CNI-Steuerung und Anwenderanschlüssen, inklusive Steuerungstafeln und Anzeigen, Umleiten von kurzen Nachrichtenpaketen, die empfangen oder gesendet worden sind durch die Antennen hin zu und von verschiedenen Systemelementen; Senden von Daten auf Anwendungsanzeigen; und Umleiten von kurzen Nachrichtenpaketen zwischen verschiedenen Systemelementen, wobei Anwenderanschlüsse umfasst sind. Abhängig von den jeweiligen Verkehrsanforderungen der Applikation können Steuerungs- und Statusdaten auf demselben Bus durchgelassen werden als längere, periodische Nachrichten durch Bereitstellen von Steuerungszeitschlitzen auf einem zeitgemultiplexten CNI-Nachrichtenbus, welcher im nächsten Abschnitt erläutert wird.

[0240] Für Anwendungen ohne CMP-Module ist der Steuerungs-/Datenbus **322** direkt mit den gemeinsamen Empfangs-**106**- und Sende-**204**-Modulen verbunden, wie in **Fig. 25** gezeigt. Werden CMP-Module (ohne INFOSEC) in einem Kanal verwendet, so kann der Steuerungs/Datenbus **322** von der CNI-Steuerung verbunden werden mit den gemeinsamen Empfangs- und Sendemodulen durch eines der CMP-Module **26312**, **26313** und **28312**, wie in den **Fig. 26**, **27** und **28** gezeigt, oder der Steuerungs-/Datenbus kann optional direkt verbunden werden mit den gemeinsamen Empfangs-**106**- und Sende-**204**-Modulen.

[0241] Für INFOSEC-Anwendungen, wie in den **Fig. 29**, **30** und **31** gezeigt für Nur-Empfangs-, Voll duplex- und Halbduplexbetrieb, wird die gesamte rote (d. h. obere Priorität) Information, inklusive Steuerungsinformation, durch eine zertifizierte rote/schwarze Schnittstelle innerhalb eines INFOSEC-Moduls hindurchgelassen. In diesem Falle ist der rote (d. h. obere Priorität) Steuerungs-/Datenbus **29322** in den **Fig. 29**, **30** und **31** die Steuerungsinformation hoher Priorität zwischen der CNI-Steuerung **302** und den INFOSEC-Modulen **29314**, **30314**, **30315** und **31314** hindurch und die schwarzen Steuerungs-/Datenbusse **29320**, **30320**, **30321**, **31320** und **31321** lassen schwarze (d. h. mit niedriger Priorität) Steuerungsinformation zwischen den verschiedenen INFOSEC-Modulen und den gemeinsamen Empfangs- und Sendemodulen **106** und **204** hindurch. CMP- und INFOSEC-Module **312**, **314**, **316** und der schwarze Steuerungs-/Datenbus, der ebenfalls in **Fig. 3** gezeigt, aber nicht mit einem Bezugszeichen versehen ist, lässt schwarze (d. h. mit niedriger Priorität) Daten zwischen den CMP- und INFOSEC-Modulen und den gemeinsamen Empfangs-**106**- und Sende-**204**-Modulen hindurch. Für INFOSEC-Anwendungen, welche ebenfalls CMP in verschiedenen Modulen enthalten, wie in **Fig. 32** gezeigt, muss die rote (d. h. mit hoher Priorität) Information, inklusive Steuerungsinformation **322**, durch ein rotes CMP **316** hindurch. Die Steuerungsinformation mit hoher Priorität zu/von den INFOSEC, der schwarze CMP **312** und die gemeinsamen Empfangs- oder Sendemodule können entweder die rote CMP **316** hindurchlassen, oder eine solche Information kann über eine alternative Steuerungs-/Datenbuspfadverbindung hindurchgelassen werden, welche die CNI-Steuerung direkt mit dem INFOSEC-Modul **314** verbindet. Auf ähnliche Weise kann Steuerungsinformation hoher Priorität, die zwischen dem INFOSEC-Modul **314** und dem gemeinsamen Empfangs- oder Sendemodul hindurchgelassen wird, entweder direkt zwischen diesen Modulen hindurchgelassen werden, oder die Information kann durch eine schwarze CMP **312** hindurchgelassen werden. Werden die CMP- und INFOSEC-Funktionen in einem einzelnen Modul **33314** kombiniert, wie in **Fig. 33** gezeigt, so wird die Steuerungs-/Datenbusinformation zwischen der CNI-Steuerung und den gemeinsamen Empfangs- und Sendemodulen durch das INFOSEC/CMP-Modul **33314** hindurchgelassen.

[0242] Für viele Anwendungen können verschiedene Typen von Nachrichtenverkehr (z. B. Sprache, Video, Text) ebenfalls über den Steuerungs-/Datenbus **322** hindurchgelassen werden. Jedoch kann aus Gründen der Busverkehrs- oder Protokollkomplexität ein solcher Nachrichtenverkehr verschiedenen Bussen zugeordnet werden. CNI-Mehrfachzugriffs-(MA = multiple access)-Nachrichtenbusse **324** sind optional serielle Busse, die entweder uni- oder bidirektional sind, welche bevorzugterweise asynchron und formatiert sind, um Nachrichten von relativ großer Länge zwischen einem beliebigen Funkgerät und einem beliebigen Benutzeranschluss hindurchzulassen. **Fig. 3** sowie die **Fig. 25** bis **33** zeigen Beispiele von MA-Nachrichtenbussen. Nachrichtenbeispiele umfassen digitalisierte Sprache/Audioinformationen, Text, Video und Dateien von verschiedenem Typ, sowie periodische Daten mit relativ niedriger Rate, wie zum Beispiel Positionsmesswerte, die auf verschiedene Instrumente gegeben werden. Der Bus **324** kann auch verwendet werden, um eine Zwischenkommunikations- oder Netzwerkfähigkeit zwischen mehreren Benutzern an einem einzelnen Ort zu unterstützen, wo Benutzerzeitschlitze verwürfelt sind, d. h. zeitmultiplext sind. Jedoch kann ein MA-Nachrichtenbus aufgrund von Datenratenbetrachtungen (z. B. hohe Geschwindigkeit, Echtzeitvideo) so konfiguriert werden, dass alle verfügbaren Nachrichtenzeitschlitze einer einzelnen Nachricht zugeordnet werden. Individuelle Pakete einer jeden Nachricht können entweder einem fest eingestellten Zeitschlitz zugeordnet werden, d. h. einem Kanal, auf einem zeitmultiplexten Bus (z. B. Zeitunterteilungsmehrfachzugriff oder TDMA = time-division multiple ac-

cess), oder Zeitschlitze können auf Anfrage zugewiesen werden (z. B. Zuordnung von Mehrfachzugriff auf Anfrage = DAMA = demand assignment multiple access).

[0243] Weiterhin benötigen einige Systemanwendungen beträchtlich unterschiedliche Datenraten zum Senden und Empfangen. Besteht zum Beispiel ein Bedarf, Video- oder Dateidaten mit einer relativ hohen Informationsrate im Vergleich zu der ausgesendeten Signalinformationsrate zu empfangen, so können separate Steuerungs-/Datenbusse oder Nachrichtenbusse einem oder mehreren gemeinsamen Empfangsmodulen zugewiesen werden, aber ein einzelner zeitgemultiplexer Steuerungs-/Datenbus mag ausreichend sein für mehrfache Sendemodule. Die tatsächlichen physischen Verbindungen zu den gemeinsamen Empfangs- und Sendemodulen, sowie die Anwendungsanschlüsse könnten festgelegt werden während der Designphase für die Systemanwendung.

[0244] Die Verbindung der MA-Nachrichtenbusse **324** auf die verschiedenen Elemente, inklusive roter und schwarzer MA-Nachrichtenbusverbindungen auf INFOSEC-Module, ist ähnlich zu den oben beschriebenen Steuerungs-/Datenbusverbindungen, und ist ebenfalls in den **Fig. 25 bis 33** gezeigt. Einige Nachrichtenverbindungen zwischen Sender und Empfänger sind vorbestimmt, zum Beispiel: Daten, die auf Instrumentenlandefunkgeräten empfangen werden, werden immer auf dieselben Instrumente oder Anzeigen durchgeleitet; Videodaten, die in einem Funksystem empfangen werden, werden immer auf dieselbe(n) Anzeige(n) geleitet; Überwachungskanalnachrichten werden immer auf Kopfhörer der Benutzer geleitet. Für sehr hohe Datenraten, wie zum Beispiel bei Echtzeitvideo, kann ein Nachrichtenbus **324** einem einzelnen Kanal gewidmet werden.

[0245] Wie in **Fig. 3** gezeigt, empfängt die AIU **308** Steuerungsdaten (Schalter, Filter, Verstärkungseinstellungen, u. s. w.) über einen AIU-(Empfangs)-Steuerungsbus **326** direkt von dem gemeinsamen Empfangsmodul **106** in den der AIU entsprechenden Kanal. Der AIU-Steuerungsbus ist ein bidirektionaler serieller Bus, der typischerweise nicht mehr als einige MHz und bevorzugterweise einen synchronen Aufbau aufweist, obwohl er auch asynchron konfiguriert werden könnte. Der AIU-Status kann auch durch das Empfangsmodul **106** über den Bus **324** zurück auf die CNI-Steuerung **302** geleitet werden. Die CNI-Steuerung **302** leitet Steuerungsdaten (z. B. Schalter, Filter und Verstärkungseinstellungen) für die AIU **308** (und, falls verwendet, ein HF-Schaltermodul) auf das gemeinsame Empfangsmodul **106**, welches in dem Kanal der AIU untergebracht ist. Die Daten können dann über den AIU-Empfangssteuerungsbus **326** weitergeleitet werden auf die AIU **308**. Diese Steuerungsbefehle von der CNI-Steuerung **302** sind relativ langwierig, und außer für Textzwecke werden sie nicht öfters als stündlich, täglich oder auf einer sogar noch längeren Basis geändert. AIU-Steuerungsbefehle mit einer höheren Rate (z. B. Steuerungsbefehle für ein schnelles Filterhüpfen oder AGC) stammen aus einem Element (Empfangsmodul, CMP oder INFOSEC), welches untergebracht ist in dem fest eingestellten Hardwarestrang, der dem Kanal gewidmet ist, was die Kanalsteuerungsarchitektur inklusive der Steuerung der AIU beträchtlich vereinfacht.

[0246] Sendedaten (Durchstimminformationen, momentane Modulationspegel, u. s. w.) werden über einen Sendesteuerungsbus **328** von dem gemeinsamen Sendemodul **204** in den der AIU entsprechenden Kanal gesendet. Die Buseigenschaften sind ähnlich wie die des AIU-Steuerungsbus. Ein in der AIU eingebauter Selbsttest (BIT = built-in test) kann entweder von dem AIU-Steuerungsbus **328** oder dem Sendesteuerungsbus **326** ausgelöst werden. In ähnlicher Weise kann der AIU-Status zurück zur CNI-Steuerung **302** geleitet werden, und zwar entweder über den AIU-Empfangssteuerungsbus **326** oder den Sendesteuerungsbus **328**.

[0247] Ein Transpondbus **321**, welcher in den **Fig. 3, 6B** und **7A** gezeigt ist, wird hauptsächlich verwendet für transponderartige Funktionen, wie zum Beispiel IFF, Mode S und TACAN/Transponder, wenn der Zeitrahmen für eine Nachrichtenaussendung kritisch ist hinsichtlich des Zeitpunkts einer empfangenen Nachricht. Der Bus kann auch verwendet werden, um Daten in mehreren Empfangskanälen zu vergleichen, und eine schnelle Sendeentscheidung abhängig von einem solchen Vergleich zu treffen. Der Bus kann seriell oder parallel konfiguriert werden, abhängig von der für die gesendete Antwort zur Verfügung stehenden Zeit. Er ist auch uni- oder bidirektional und bevorzugterweise asynchron, obwohl er auch synchron konfiguriert werden könnte. Der Transpondbus kann auch verwendet werden, um eine Funkweiterleitungsfähigkeit mit niedriger Verzögerung in einem Intranet bereitzustellen, oder selbst dazu, Verarbeitungsressourcen zwischen einem gemeinsamen Empfangsmodul **106** und einem gemeinsamen Sendemodul **204** zu teilen.

[0248] Weiterhin können verschiedene Sendesteuerungsbefehle, die eine Antwort innerhalb kurzer Zeit erfordern, zwischen dem Sendemodul **204** und der AIU **308** über diskrete Steuerungssignalleitungen gesendet werden, wie zuvor erläutert. Zum Beispiel wird eine diskrete Sendeleitung **328a** bevorzugterweise in der Architektur der vorliegenden Erfindung bereitgestellt. Diese diskrete Leitung verbindet das gemeinsame Sendemodul **204** mit einer AIU **308**. Wird ein Betrieb in einem ATCRBS- oder IFF-ähnlichen Transpondermodus mit Anten-

nendiversität durchgeführt, wobei ein Sendeschalter in der AIU **308** innerhalb von weniger als einigen Mikrosekunden, basierend auf einem Empfängervergleich, der im gemeinsamen Sendemodul **204** gemacht wird, umgelegt werden muss, so wird diese Verbindung mit niedriger Latenz verwendet, um den Schalter zu steuern. In ähnlicher Weise wird der diskrete Sendeschaltkreis **328b** verwendet, um zum Beispiel einen Sende-/Empfangsschalter auf die Sendeposition umzulegen, und der diskrete Sendeschaltkreis **328c** kann als Zeittaktimpuls verwendet werden, um mit TACAN oder anderen Typen von Impulsformung zu beginnen, welche in der AIU-Sendekette stattfindet.

[0249] Sendesicherheits-(TRANSEC oder T-SEC)-Busse, die nicht separat in **Fig. 3** gezeigt sind, aber als **29330a** und **29330b** in **Fig. 29** bis **33**, können ebenfalls bereitgestellt werden. Die TRANSEC-Busse lassen TRANSEC-Daten wie Parameter eines ausgedehnten Spektrums und Frequenzhüpfsequenzen, inklusive einer zufällig ausgewählten Hüpfinformation von der INFOSEC-Einheit (**314**), auf das gemeinsame Empfangs-**106**- und Sende-**204**-Modul hindurch. In einigen Fällen müssen diese Daten erst durch ein CMP **312** hindurchgehen. Buseigenschaften sind ähnlich wie die bei Steuerungs-/Datenbussen. Bei den meisten INFOSEC-Anwendungen können die schwarzen (d. h. mit niedriger Priorität) Steuerungs-/Datenbusse **29320**, u. s. w., TRANSEC-Verkehr enthalten, wodurch die Notwendigkeit für einen separaten TRANSEC-Bus eliminiert wird.

[0250] In einigen Anwendungen werden Informationssicherheitsverwaltungsbusse (INFOSEC) **332** bereitgestellt. Diese Busse verteilen Schlüssel auf die geeigneten INFOSEC-Module und auf programmierbare INFOSEC-Module und laden die geeigneten Konfigurationsprogramme herunter. Ist die Ladetafel separat von der INFOSEC-Verwaltungseinheit **318** untergebracht, wird ein separater INFOSEC-Ladebus **334** ebenfalls bereitgestellt (siehe **Fig. 3**). Diese Busse werden konfiguriert mit Hinblick auf spezielle Sicherheitsanforderungen.

[0251] Applikationsbusse, die parallele Busse mit mäßiger Geschwindigkeit sind, können auch verwendet werden, um Applikationsmodule in der zuvor beschriebenen Weise zwischen den gemeinsamen Empfangs- und Sendemodulen und den seriellen Bussen niedriger Geschwindigkeit zu verbinden, welche normalerweise über eine Schnittstelle mit den gemeinsamen Modulen in Verbindung stehen würden. Es ist auch möglich, diese Applikationsbusse so zu konfigurieren (ähnlich wie bei den Implementierungen für Kreuzschaltungs-CMP-Module zwischen gemeinsamen Empfangs- und Sendemodulen in **Fig. 22**), dass eine oder mehrere Applikationen aufgeteilt werden zwischen gemeinsamen Empfangs- und Sendemodulen, die verschiedenen Kanälen zugeordnet sind.

[0252] Obwohl nicht in den Figuren gezeigt, kann ein (GPS) Zeitbus oft in der Architektur eingeschlossen sein, insbesondere wenn INFOSEC eingeschlossen ist, um GPS-Zeitgeberinformation auf die verschiedenen Module für verschiedene Typen von Synchronisation zu verteilen. Für diese Anwendungen, wo der Systemstatus und die Verfügbarkeit von größter Wichtigkeit ist, erlaubt die Flexibilität der Architektur den Einschluss eines separaten BIT/Wartungsbusses, um den Systemstatus und die Konfiguration zu verifizieren.

[0253] Die Busse **336** zu entfernten externen Geräten sind bevorzugterweise von einem Standardtyp (**1553**, ARINC **429**, u. s. w.). Diese Busse können entweder unter der Kontrolle einer CNI-Steuerung sein oder unter der Kontrolle der externen Geräte.

[0254] Die rückwärtige Ebene, welche die Busse aufnimmt, die elektrischen Versorgungsleitungen, Taktgeber, Referenzleitungen, u. s. w., ist bevorzugterweise auf die Systemanwendung maßgeschneidert. In vielen Fällen können Elemente der Busschnittstelleneinheiten, wie die Isolationstransformatoren, in der rückwärtigen Ebene enthalten sein. Mit einer passenden Unterteilung kann die rückwärtige Ebene aus gemeinsamen und nicht gemeinsamen Segmenten bestehen. Erlaubt man es dem Systemdesigner, die Zwischenverbindungen auf der rückwärtigen Ebene auszuwählen, so ist die in den Modulen enthaltene Architektur, die im Folgenden beschrieben wird, auf eine breite Palette von Anwendungen skalierbar.

[0255] Von besonderer Wichtigkeit für die Modulschnittstellen ist die elektrische Isolierung der empfindlichen analogen Bereiche der Empfangs- und Sendesignalkanäle und der relativ stark mit Rauschen behafteten digitalen Schaltkreise, die sonst irgendwo im Gesamtsystem enthalten sind. Solche analogen Bereiche können enthalten sein in HF-Schnittstelleneinheiten zwischen der Antenne oder externen HF-Eingaben/-Ausgaben, und sind in den gemeinsamen Empfangs- und Sendemodulen enthalten. Insbesondere sind digitale Verbindungen zwischen den analogen und digitalen Bereichen eines jeden Kanals, inklusive innerhalb der gemeinsamen Empfangs- und Sendemodule, sowie zwischen den analogen Bereichen eines Kanals und eines beliebigen anderen digitalen Bereichs des Systems, inklusive anderer Module und Einheiten so ausgelegt, dass sie voneinander elektrisch gut isoliert sind, indem man zum Beispiel Leitungsdifferenzial-(d. h. zwei Schienen)-Sender

(d. h. Treiber), Empfänger und Transceiver in den verschiedenen analogen und digitalen Einheiten verwendet, oder möglicherweise dadurch, dass man faseroptische Verbindungen verwendet, und auch durch Verwendung von getrennten Leistungs-/Erdungssystemen für die analogen und digitalen Bereiche. Weiterhin gilt, dass, wenn es notwendig ist, ein Zeitgebersignal mit hoher Geschwindigkeit zwischen digitalen und analogen Bereichen auszusenden, zum Beispiel für den mit einem Zeitgebersignal beaufschlagten AIU-Kontrollbus zwischen dem digitalen Teil des gemeinsamen Empfangsmoduls und einer AIU, dass dann die Zeitgeberverbindung bevorzugterweise deaktiviert wird, nachdem die Steuerungsdaten über den Bus gesendet worden sind.

[0256] In ähnlicher Weise sollten für analoge Verbindungen zwischen den analogen und digitalen Bereichen eines Kanals oder dem gesamten System, zum Beispiel dem Durchgang einer in einem analogen Bereich erzeugten Referenzfrequenz, die zu einem digitalen Bereich gegeben wird, solche analogen Verbindungen isoliert sein, bevorzugterweise über die Isolation der Transformatoren.

[0257] Wie zuvor erläutert, können die gemeinsamen Empfangs-**106**- und Sende-**204**-Module in einer beliebigen Anzahl von verschiedenen Konfigurationen kombiniert werden. **Fig. 8** veranschaulicht ein System moderater Komplexität und einen Systemaufbau **900**, der für einen CNI-Funkaufbau eines kommerziellen Flugzeugs geeignet ist. Andere mögliche Aufbauten werden unter Bezugnahme auf die **Fig. 8, 12 bis 24, 34, 36** und **37** erläutert. Die beispielhaften Ausführungsformen, die unten erläutert werden, können durch den Fachmann abgeändert werden, zum Beispiel durch Hinzufügen oder Weglassen von Modulen, Auswechseln von Zwischenverbindungen zwischen Modulen und Modulprogrammierung, um die Erfordernisse eines großen Bereichs von CNI-Funkanwendungen zu erfüllen. Die in einer jeden Figur aufgeführten verschiedenen Funktionen werden implementiert durch Herunterladen von Softwareprogrammen von der CNI-Steuerung **302**. Die dargestellten AIU **308** können unterteilt werden in separate Module, wie zuvor erläutert, und ausgelegt werden für spezielle Funk- und Systemanwendungen. Kanalmäßig implementierte Nachrichtenprozessoren (CMP) können zu einem jeden Kanal hinzugefügt werden. Busschnittstellen (I/F) sind in den Modulen und Benutzeranschlüssen enthalten. Eine jede Ausführungsform kann mehrere Anschlüsse, Anzeigen, u. s. w., aufweisen. Programmierbare Kanäle in einer jeden Ausführung können verschiedene Wellenformenkombinationen hinsichtlich der Phase, Frequenz und Amplitude bedienen, sowie auch verschiedene Typen von Nachrichten und INFOSEC-Verarbeitung. Für Einzelkanalmechanisierungen, wie in den **Fig. 12 bis 16** und **18 bis 20** gezeigt, sowie eine Transpondermechanisierung, wie in **Fig. 17** gezeigt, ist ein Steuerungs-/Datenbus üblicherweise ausreichend, um sowohl Steuerungsinformation als auch empfangene/gesendete Nachrichten durchzulassen. Aber zusätzliche Busleitungen (inklusive Ersatzbusleitungen) können parallel hinzugefügt werden für jede Mechanisierung, falls die Verkehrsbedingungen oder die Implementierungskomplexität dies zulässt. Optionale Blockwandler in einer AIU **308** können nicht nur das ungefähr von 2 bis 2000 MHz verlaufende Band ausdehnen, sondern können auch Lücken in der Frequenzabdeckung der gemeinsamen Empfangs- und Sendemodule auffüllen. Nicht alle Anwenderanschlüsse und Peripheriegeräte werden in jeder Anwendung verwendet.

[0258] Durch Unterteilung eines jeden Kanals in die Module und Submodule, wie unter Bezugnahme auf die **Fig. 1 bis 7** beschrieben, führt die vorliegende Erfindung zu einer synchronen Steuerung in allen Abstraten, so wie dies notwendig ist, die parallelen Schnittstellen mit hoher Geschwindigkeit zwischen den Elementen des digitalen Submoduls **600** innerhalb des gemeinsamen Empfangsmoduls **106** zu steuern und zwischen den Elementen des digitalen Submoduls **700** in dem gemeinsamen Sendemodul **204**, welches enthalten ist innerhalb des Submoduls **600** oder **700** des jeweiligen gemeinsamen Empfangs- oder Sendemoduls. Eine Steuerung mit mäßiger Geschwindigkeit, wie zum Beispiel AGC, wird entweder zwischen dem digitalen Submodul **600** und dem analogen Submodul **500** innerhalb des gemeinsamen Empfangsmoduls **106** durchgeführt oder zwischen dem gemeinsamen Empfangsmodul **106** (über sein digitales Submodul **600**), und die AIU **104** in dem zugeordneten Kanal ist in sich selbst abgeschlossen innerhalb des Empfangskanals. Eine Steuerung mit mäßiger Geschwindigkeit, wie zum Beispiel Leistungsverstärkungssteuerung (oder Antennenauswahlsteuerung für einen Transponder mit Antennendiversität) zwischen dem gemeinsamen Sendemodul **204** (über sein digitales Submodul **700**), und die AIU **104** in dem zugeordneten Kanal ist in dem Sendekanal in sich selbst abgeschlossen. Andere Echtzeitsteuerung, wie ein Umschalten zwischen Antennen und einer Benutzerkanalauswahl, wird ausgelöst bei einer niedrigen Geschwindigkeit durch die Steuerung **302** und die Konfigurationssteuerung oder eine Langzeitsteuerung, wie ein Umschalten auf Ersatzteile oder Wechseln der Modulfunktion, wird ausgelöst durch die Steuerung **302** bei einer nochmals niedrigeren Geschwindigkeit. Die Kanalsteuerungssignale, die in den jeweiligen digitalen Submodulen erzeugt werden, werden durch interne oder externe Entscheidungsprozesse erhalten. Ein Beispiel für einen internen Entscheidungsprozess besteht darin, wenn ein gemeinsames digitales Empfangssubmodul **600** einen Signalpegel misst und den Empfangskanal AGC in dem zugeordneten analogen Submodul **500** oder zugeordneten AIU **104** (**308**) einstellt. Ein anderes Beispiel für einen internen Entscheidungsprozess ist, wenn ein gemeinsames digitales Sendemodul **700** die empfangene Leistung von oberen und unteren Antennen (über den Transponderbus) **321** vergleicht und einen Schalter in

der zugehörigen AIU (Transponder AIU nicht gezeigt) schaltet, um zwischen einer oberen oder unteren Antennenposition zu schalten. Ein Beispiel eines externen Entscheidungsprozesses ist, wenn ein digitales Submodul **600** oder **700** entweder in einem gemeinsamen Empfangsmodul **106** oder einem gemeinsamen Sendemodul **204** Durchstimminformation von der Systemsteuerung **302** empfängt und eine solche Durchstimminformation auf das zugehörige analoge Submodul **500** oder **800** über den Durchstimmbus weiterleitet oder auf die zugehörige AIU **308**. Im Vergleich zu integrierten programmierbaren Funksystemen nach dem Stand der Technik führt dies zu: einer wesentlich vereinfachten Steuerungsarchitektur dadurch, dass Steuerungskonflikte im Wesentlichen kein Thema darstellen (es besteht keine Notwendigkeit, Ereignisse mit relativ hoher Rate zwischen verschiedenen Kanälen zu planen); einem vereinfachten Aufbau der CNI-Steuerung; einer einfachen Skalierung der Systemkapazität auf verschiedene Anwendungen durch Hinzufügen oder Löschen von Kanälen, ohne dass dies eine größere Auswirkung auf Steuerungszeitpunktüberlegungen hätte; einer einfacheren Rezertifizierung des gesamten Systems inklusive der zentralisierten Steuerung, wann immer eine CNI-Funktion hinzugefügt oder geändert wird; der Fähigkeit, Kanäle unabhängig herauszuziehen und zu testen oder zu modifizieren, ohne dass eine aufwändige CNI-Systemsteuerung benötigt würde.

[0259] Die Steuerungsarchitektur der vorliegenden Erfindung erlaubt sowohl manuelle als auch automatische Fehlerbestimmung, Einkreisung und Korrektur. Es gibt verschiedene Verfahren, die dem Fachmann wohl bekannt sind zum Bestimmen und Einkreisen von Fehlern in den individuellen Modulen sowie auch in den verschiedenen Systembussen. Der Systemaufbau kann so sein, dass Signale an verschiedenen Stellen in den Empfangs- und Sendeketten eingespeist und erfasst werden, üblicherweise innerhalb der Module, um Fehler zu erfassen und einzukreisen. Wird ein Fehler erfasst, entweder durch Bedienpersonal, welches manuell eine Ausgabe überwacht, oder automatisch über einen Detektor, so werden Ersatzmodule (oder Module mit niedriger Priorität) als Ersatz reprogrammiert, entweder durch eine Software, die bereits in diesen Modulen vorhanden ist, oder durch Software, die von der Steuerung **302** (**114**, **206**, u. s. w.) heruntergeladen wird auf die Module und wobei die geeigneten Schalter, wie zum Beispiel SPMT-Schalter **1002**, **1004**, **1102** und **1104** umgelegt werden, um das Signal durch diese Ersatzmodule zu leiten. AIU-Fehler können entweder korrigiert werden durch Bereitstellen von redundanten AIU oder durch Verwendung der AIU-Implementierungen, die in der zuvor erläuterten fehlertoleranten AIU-Anwendung beschrieben sind. Redundante Busse können leicht durch den Fachmann verwendet werden durch Verwendung der programmierbaren Eingabe-/Ausgabefähigkeit der verschiedenen Module. Weiterhin kann das System durch Implementierung geeigneter Algorithmen in der Steuerung **302** automatisch rekonfiguriert werden: Der Fehler kann automatisch erfasst werden, Ersatzmodule werden reprogrammiert und umgeschaltet, um die ausgefallenen Module zu ersetzen, und der Fehler in einem Speicher aufgezeichnet, wobei der gesamte Ablauf für das Bedienpersonal transparent ist, außer für die mögliche Anzeige des Fehlers.

[0260] In dem System **900** der **Fig. 8** kommuniziert ein Flugzeuginformationsverwaltungssystemcomputer **902** mit den Flugkontrollgeräten und den Flugzeugsteuerungs- und -anzeigecomputern **904** sowie mit dem Zusammenbau der gemeinsamen Empfänger **106** und Sender **204**, die für die verschiedenen unterschiedlichen Kanalfunktionen benötigt werden. Bei diesem besonderen Beispiel werden zwei identische aber getrennte Gruppen I und II von Funkvorrichtungen, von denen eine jede ihre CNI-Steuerung umfasst, aus Zwecken der Redundanz verwendet, und, obwohl nicht gezeigt, könnten zusätzliche gemeinsame Module **106** und **204** als Ersatzteile innerhalb einer jeden Gruppe I und II verwendet werden, ähnlich wie bei den **Fig. 10** und **11**, und werden programmiert, um ausgefallene gemeinsame Module zu ersetzen, die vorab einer oder mehreren Funkfunktionen zugeordnet worden sind. Die Steuerungs-/Anzeigeeinheiten **904** steuern das System über die CNI-Steuerungen **903**, die zuvor erläutert worden sind. Zum Zwecke der Veranschaulichung sind nur zwei AIU für jeden Typ von Funksystem gezeigt, zusammen mit den redundanten CNI-Steuerungsmodulen. Wie aber zuvor erläutert, erlaubt die erfindungsgemäße Architektur eine leichte Skalierung auf mehr (oder weniger) Funksysteme eines jeden Typs. Falls als notwendig angesehen während der Systemplanung, können zusätzliche Funkkanäle, wie zum Beispiel VHF-Kanäle leicht hinzugefügt werden durch geeignetes Konfigurieren der AIU und Zusammenfassen der digitalisierten Sprach- und/oder Steuerungs-/Datenbusse. Außer für die Nav AIU **912**, welche Nur-Empfangsfunktionen bedient, sind Leistungsverstärker, die die geeigneten Bänder abdecken, in den AIU enthalten. Digitalisierte Audiosignale (inklusive Sprachsignale und Töne, wie zum Beispiel Morsecode oder von einer Markierungsbake) werden durch einen digitalisierten Audiobus **905** auf die Audioverwaltungseinheit **922** geleitet zur Verteilung an die Flugbesatzung. Informationen, wie zum Beispiel Navigationsdaten, werden über den Steuerungs-/Datenbus **907** auf die geeigneten Anzeigen **904** geleitet. Zusätzliche Busse von einem jeden Typ werden bereitgestellt zum Zwecke der Redundanz oder für mögliche zusätzliche Verkehrskapazität (wie zum Beispiel für VHF-Datenfunk). Obwohl nicht gezeigt, könnten im Falle des Ausfalls von Empfangs- oder Sendemodulen für ein jedes der CNI-Funksysteme Funkkanäle mit niedrigerer Priorität (z. B. die SATCOM-Telefonkanäle für die Passagiere) vorgehalten werden und die Empfangs-/Sendemodule könnten umgeschaltet werden, um Luftfahrtsteuerungsfunktionen zu unterstützen. Weiterhin sind red-

undante programmierbare gemeinsame Sende- und Empfangsmodule, die als Sicherungssysteme zwischen verschiedenen Typen von Funksystemen verwendet werden, nicht gezeigt und werden im Folgenden erläutert. (Die AIU-Steuerungsbusse und Sendesteuerungsbusse sind in diesem Beispiel nicht gezeigt). Das System führt die Funkfunktionen durch und umfasst die Antennenschnittstelleneinheiten für HF-Funk, VHF-Funk (sowohl Sprache als auch Daten), kommerzielles SATCOM, Mikrowellenlandesysteme (MLS = Microwave Landing System), VHF Omni-Range (VOR), die Lokalisierungs-(LOC = localizer)-, Gleitpfad-(GS = glideslope)- und Markierungsbaken-(MB = marker beacon)-Bauteile des Instrumentenlandesystems (ILS = Instrument Landing System), eine automatische Richtungsfindung (ADF = automatic direction finding), Mode-S- und Entfernungsmessungsgeräte (DME = distance measuring equipment). Und obwohl die erfindungsgemäße Architektur konfiguriert werden kann, um Verkehrskollisionsverhinderungssysteme der Klasse II, (TCAS = Traffic Collision Avoidance System Class II), zu beinhalten, wird bei diesem speziellen Beispiel TCAS II bereitgestellt durch separate Geräte. Jedoch kann die erforderliche Mode-S-Schnittstelle auf separate TCAS II-Geräte über das Element **920** bereitgestellt werden. Und obwohl nicht gezeigt, kann kommerzielles GPS bereitgestellt werden. Falls die GPS-Aktualisierungsrate relativ niedrig liegt, kann eine GPS-Antenne mit den Navigations-(NAV)-AIU **912** verbunden werden, und das gemeinsame Empfangsmodul, welches mit dieser AIU zusammenhängt, kann zeitlich geteilt werden mit den anderen angegebenen Nav CNI-Funkfunktionen.

[0261] Zum Beispiel können die AIU **906** und die zugehörigen Empfangs- und Sendemodule eine Zweibege-VHF-Sprachkommunikation durchführen. AIU **908** und die zugehörigen Empfangs- und Sendemodule führen eine Zweibege-VHF-Kommunikation durch, entweder für Sprache oder für Daten. Da HF- und VHF-Funk üblicherweise nicht gleichzeitig verwendet werden, können diese beiden Kommunikationsfunktionen das gemeinsame Paar von gemeinsamen Empfangs- und Sendemodulen aufteilen (welche programmiert sind für jeden Typ von Kommunikationsfunktion) über den geteilten Transceiver HF-Pfad, der die zugehörigen AIU verbindet. Einzel- oder Mehrfachkanalduplex SATCOM ist ebenfalls bereitgestellt über einen geeigneten Frequenzmultiplexer in den SATCOM AIU **910**, entweder für Sprach-/Datenverwendung durch die Besatzung des Flugzeugs oder für Telefondienste für Passagiere. Ein gemeinsames Empfangs- und Sendemodulpaar wird für einen jeden Kanal verwendet. Die Nav AIU **912** sind implementiert, um Nur-Empfangsfunktionen MLS, ILS, VOR und ADF zu bedienen. (Obwohl die Landesystemfunktion streng genommen keine Navigationsfunktion ist, werden MLS und ILS manchmal gemeinsam in die Navigationsklasse eingruppiert). Abermals werden diese Funktionen normalerweise nicht gemeinsam verwendet, so dass sie dasselbe Empfangsmodul zwischen sich aufteilen können, welches vorab programmiert wird für die geeignete Funktion. Ist man unterwegs, so wird entweder VOR oder ADF für die Navigation verwendet, abhängig davon, welche Navigationshilfe in dieser Gegend verwendet wird. Während des anfänglichen Landeanflugs ist das gemeinsame Empfangsmodul programmiert für ILS oder MLS, abhängig davon, welche Art von Landesystem am Boden verwendet wird. (Dasselbe gemeinsame Empfangsmodul kann auch programmiert werden, um differenzielles GPS-Landen zu unterstützen, falls dies in Zukunft zum Landen verwendet wird). Gibt es eine Situation, in der die Landesignale nicht empfangen werden können und eine VOR- oder ADF-Navigationsauffrischung benötigt wird, so erlaubt die involvierte Aktualität ein Hin- und Herpendeln zwischen Lande- und Navigationsablesungen, bis das Landesignal erkannt wird. Bei dieser beispielhaften Konfiguration findet auch eine Zeitaufteilung zwischen dem Entfernungsmessgerät (DME = distance measuring equipment) und demselben Empfangsmodul statt über den zwischen diesen aufgeteilten Empfangs-HF-Pfad, welcher die Nav und DME/Mode-S AIU **914** verbindet. Die DME/Mode-S AIU **914** bedienen die DME- und Mode-S-Funktionen. Mode-S-Antennendiversität wird bereitgestellt über zwei gemeinsame Empfangsmodule, wobei ein jedes verbunden ist mit einer oberen oder unteren Antenne in der zugehörigen AIU. Identifikationssignalamplituden von einer jeden Antenne werden in einem jeden Empfangsmodul hergestellt, auf das damit zusammenhängende Sendemodul über den Transpondbus geleitet, und die ausgesendete Antwort wird auf die Antenne mit dem größeren empfangenen Signal in Richtung vom Sendemodul über die in **Fig. 3** angezeigte Leitung für die diskrete Sendevorrichtung geschaltet. Weiterhin erlauben DME- und Mode-S-Zeitleitungen das Teilen des gemeinsamen Sendemoduls sowie ein Teilen desselben Leistungsverstärkers in der DME/Mode-S AIU. In diesem Falle werden die DME-Identifikationen einer entfernten Bodenmarkierungsbake um die Mode-S-Antworten mit höherer Priorität geplant. **Fig. 8** ist nur ein Beispiel, wie die erfindungsgemäße Architektur konfiguriert werden kann, um ein integriertes CNI-Funksystem für ein kommerzielles Transportflugzeug bereitzustellen. Die Architektur kann auch auf andere Flugzeuganwendungen skaliert werden durch Hinzufügen oder Weglassen von Modulen.

[0262] Werden Multifunktions-Transceiversysteme, wie die in **Fig. 8** veranschaulichten, bereitgestellt, ist es möglich und manchmal bevorzugt, die Kontrollfunktionen in zwei separate Busse längs funktionellen Leitungen, wie in **Fig. 9** gezeigt, aufzuteilen. Wie aus **Fig. 9** ersichtlich, werden die Funkfunktionen aufgeteilt in Kommunikationsfunktionen und Navigations-/Identifikationsfunktionen. Die Kommunikationsantennen **950** sind mit den Transceivern **952** für eigens zugeordnete Kommunikationskanäle verbunden. Diese Transceiver werden durch eine Steuerung **302** über einen zugeordneten Kommunikationsbus **954** gesteuert, welcher ebenfalls die

Kommunikationsdaten zu den Kommunikationsanschlüssen **956** befördert. Dieser Bus kann auch aufgeteilt werden in separate Steuerungs- und Kommunikationsdatenbusse. Die Navigations-/Identifikationsantennen **960** sind an zugeordnete Transceiver **962** gekoppelt, und die Kommunikation findet statt über einen (mehrere) zugeordnete(n) Bus (Busse) **964** zwischen der Steuerung **302**, den Navigations-/Identifikationsanschlüssen und den Transceivern **962**. Diese Anordnung stellt, ähnlich wie die Anordnung der **Fig. 8**, zusätzliche Busverkehrskapazität bereit und erlaubt, dass die Formate und Protokolle eines jeden Typs von Bus maßgeschneidert werden auf den Typ von Information, der über den Bus zu leiten ist. Weiterhin gilt, dass, wenn INFOSEC beteiligt ist, üblicherweise für Anwendungen im Militärbereich, aber vielleicht auch für zukünftige kommerzielle Anwendungen, diese Anordnung eine einfachere Trennung von sicheren und nicht sicheren Kanälen erlaubt. Zum Beispiel werden Busse für sichere Kommunikationskanäle von den normalerweise nicht sicheren Navigationskanälen getrennt. Obwohl nicht gezeigt, kann eine separate CNI-Steuerung im letztgenannten Fall erwünscht sein aus Gründen von Isolationsbetrachtungen. Weiterhin gilt, dass, falls die Identifikationsfunktion ebenfalls INFOSEC (z. B. IFF-Modus **4**) umfasst, ein getrennter sicherer Kanal, der Busschnittstellen enthält, bereitgestellt werden kann.

[0263] Redundanz kann in komplexen Systemen, wie zum Beispiel in **Fig. 10**, bereitgestellt werden durch Bereitstellen von SPMT-Schaltern, wie zuvor erläutert. Solch eine redundante Systemarchitektur **1000** ist in **Fig. 10** gezeigt. Bei dieser Architektur umfasst ein jeder Kanal entweder ein gemeinsames Empfangsmodul oder ein gemeinsames Sende-/Empfangsmodulpaar, wobei die kanalmäßig implementierte Konfiguration aufrechterhalten wird. Die Redundanz wird bereitgestellt durch Sende- und Empfangsschalter **1002** und **1004**, die an das gemeinsame Ersatzempfangs-**1006**- und gemeinsame -sende-**1008**-Modul gekoppelt sind, welche dynamisch programmiert werden können, um eine beliebige der Sende- oder Empfangsfunktionen des Systems **1000** durchzuführen. Diese Ersatzmodule **1002** und **1004** dienen als universelle Sicherungsmodule für alle Sende- und Empfangsfunktionen, die von Interesse sind. Geeignete herkömmliche Leistungsaufteiler und Kombinerer sind in den AIU **308** bereitgestellt, um es zu ermöglichen, dass die Änderung in der Durchleitung im Wesentlichen sofort durchgeführt werden kann.

[0264] Die Redundanz kann weiter verbessert werden durch ein System **1100**, wie in **Fig. 11** gezeigt. Dieses System **1100** umfasst ein Paar von Sende-**1102**- und Empfangs-**1104**-Schaltern und entsprechende Paare von gemeinsamen Ersatzsende-**1106**- und -empfangs-**1108**-Modulen. Dies in Verbindung mit geeigneten fehlertoleranten AIU, die in einer damit in Bezug stehenden Anwendung beschrieben sind, erhöht typischerweise die zur Verfügung stehende Lebenserwartung des Systems **1100** im Vergleich zu dem System **1000** um mehrere Größenordnungen von Zehnerpotenzen. Das System wäre wahrscheinlich so konfiguriert, dass es eingebaute Selbsttests (BIT = built-in test) durchführen würde und könnte auch so konfiguriert werden, dass es Fehlereinkreisungstests (FIT = fault-isolation test) durchführen könnte sowie automatische Rekonfiguration beim Ersetzen der ausgefallenen Kanalhardware mit einem Ersatzsicherungsteil, welches geeignet reprogrammiert wird.

[0265] **Fig. 12** veranschaulicht eine der einfachsten Aufbauten, die hergestellt werden kann unter Verwendung der Architektur der vorliegenden Erfindung. Ein Multibandempfangssystem **1200** ist dargestellt, welches eine Einzelkanal-Nur-Empfangsfunktion umfasst, wie sie bereitgestellt wird durch ein kommerzielles Radiosystem, welches ein einzelnes programmierbares gemeinsames Empfangsmodul **106** aufweist. Das System kann Standardaudiobauteile **1202** und die notwendigen Steuerungen **1204** zum Schalten zwischen Kanälen aufweisen sowie einen geeigneten Monitor **1206**, falls notwendig. Die verschiedenen Empfangskanäle eines solchen Systems können, wenn sie sich in einer Abtastbetriebsweise befinden, einem Zeitmultiplexverfahren unterworfen werden in einer "Abtastvorrichtung", welche die Aktivität in einem beliebigen der Kanäle erfasst, welche in dem abzutastenden Satz enthalten sind. Der schnellste Vorgang zum Festlegen eines aktiven Kanals findet statt, wenn die Empfängerdemodulationsprogramme resident sind in dem gemeinsamen Empfangsmodul **106**. Etwas längere Zeiten zum Einrasten treten auf, wenn die einer empfangenen Wellenform entsprechende Demodulation von der CNI-Steuerung **302** heruntergeladen werden muss vor dem Überwachen der Aktivität auf einem speziellen Kanal. Für diese Funktionen, die spezielle zusätzliche Verarbeitung benötigen, kann ein kanalmäßig implementiertes Nachrichtenprozessor-(CMP = channelized message processor)-Modul oder ein Informationssicherungs-(INFOSEC)-Modul verwendet werden in dem Kanal zwischen dem Empfängermodul **106** und dem Steuerungs-/Datenbus **322**. Die Module können auch bereitgestellt werden parallel zu dem Steuerungs-/Datenbus **322**, so dass die Steuerung **302** separate Busse für diese Module umfasst. Zusätzlich können separate Steuerungs- und Nachrichtenbusse bereitgestellt werden.

[0266] **Fig. 13** zeigt ein Multifunktions-Navigationsempfängersystem **1300**, welches einen einzelnen programmierbaren Kanal bereitstellt. Dieses System **1300** umfasst die Benutzerschnittstelle **1202**, Steuerungen **1304** und Anzeige **1306**, wie in dem System der **Fig. 11**, jedoch steuern die Steuerungen **1204** den Multiplexladevorgang der programmierbaren Eigenschaften der verschiedenen Typen von Navigationsfunktionen, die

durchzuführen sind abhängig von den speziell bereitgestellten Navigationsinstrumenten **1308**. Die drei Funktionen (Lokalisierer, Gleitpfad, Markierungsbake) umfassen die ILS-Funktion, die schnell abgetastet (gemultipliziert) werden kann, um ein zusammengesetztes Ausgabesignal für Zwecke der Anzeige und Audioübertragung bereitzustellen, während die Antennen **102** entsprechend einem Multiplexverfahren unterzogen werden.

[0267] Das System **1400** der **Fig. 14** ist ein Multibandtransceiver mit einem einzelnen programmierbaren Kanal, welcher sowohl ein gemeinsames Empfangsmodul **106** als auch ein gemeinsames Sendemodul **204** aufweist. Zusätzlich zu den Peripheriegeräten, die bei den zuvor erläuterten Ausführungsformen bereitgestellt worden sind, kann diese Ausführungsform andere Peripheriegeräte **1408**, **1410** und **1412** vom Transceivertyp bereitstellen. Sowohl ein Halbduplex- als auch ein Vollduplexbetrieb können bereitgestellt werden durch Verwendung der Steuerbusse **326** und **328**. Die Unterbringung in einem entfernt gelegenen Sender kann erreicht werden durch Vergleich der Phase von zwei oder mehreren einem Zeitmultiplexverfahren unterworfenen Antennen **102** durch Steuern der Antennenschaltstellungen über den Bus **326**. Wie bei zuvor erläuterten Ausführungsformen kann ein kanalmäßig implementiertes Nachrichtenprozessor-(CMP)-Modul und/oder ein Informationssicherheitsmodul bereitgestellt werden zwischen einem jeden der Sende-**204**- und Empfangs-**106**-Module und der Steuerung **302**. Der Bus **321** kann verwendet werden für entweder einen Transponder oder eine Weitersendungsfunktion, oder um Verarbeitungsressourcen zwischen den gemeinsamen Empfangs- und Sendemodulen aufzuteilen.

[0268] Ein Multifunktions-Navigationstransceiversystem **1500** ist in **Fig. 15** veranschaulicht. Dieses System **1500** umfasst viele der gemeinsamen Komponenten wie in **Fig. 12**, außer dass die Navigationsinstrumente **1508** sowohl Sende- als auch Empfangsbauteile umfassen, wie zum Beispiel DME, TACAN und TCAS. Wenn es die Pünktlichkeit erlaubt, können Funktionen verwürfelt werden mit Transponder- und Identifikationsfunktionen in späteren Figuren.

[0269] **Fig. 16** zeigt ein System **1600**, welches Identifikations- und Transponderfunktionen bereitstellt. In kommerziellen Systemen würden die CMP- und INFOSEC-Modulabschnitte **1610** normalerweise fehlen. Die CMP-Funktionen unterscheiden sich von den INFOSEC-Funktionen, obwohl beide oft bei vielen Anwendungen vorliegen. Es gibt jedoch Anwendungen, welche zusätzliches CMP ohne INFOSEC benötigen: zum Beispiel HF-Funk mit automatischem Verbindungsaufbau (ALE = automatic link establishment); Daten- oder digitale Sprachkommunikation in HF-, VHF-, UHF-, SATCOM- oder anderen Bändern, welche ein Verwürfeln/Rückverwürfeln eines BIT-Stroms benötigen, um atmosphärische Signalstärkeschwankungen oder Störungen zu überwinden, oder welche höhere Niveaus einer nach vorwärts gerichteten Fehlerkorrektur benötigen, welche bereitgestellt werden können in denselben Empfangs- und Sendemodulen, oder welche eine Modulationsbandbreitenreduzierung für Sprache benötigen über, zum Beispiel, linear vorhersagbare Codierung (LPC = linear predictive coding); verschiedene Arten von Netzwerkverarbeitung; u. s. w. Weiterhin könnte es potenziell auch einfache zukünftige Kommunikations-(oder sogar Navigations- oder Identifikations-)Anwendungen geben, die keine nicht-sichere Nachrichtenverarbeitung benötigen, welche die gemeinsamen Empfangs- und Sendemodule nicht bereitstellen könnten, aber ein gewisses Maß an Informationssicherheit benötigen. Deshalb sollten wir nicht routinemäßig CMP plus INFOSEC als ein Sicherheitssystem bezeichnen. In solch einem System **1600** werden Antworten auf gültige Identifikationen in einer zugewiesenen Zeitspanne ausgesendet unter Verwendung des Transponderbusses **321**. Wenn entweder CMP-Funktionalität oder INFOSEC-Funktionalität eingeschlossen ist im Bereich **1608**, so wird anstelle der Verwendung des Transponderbusses **321** zwischen den gemeinsamen Empfangs-**106**- und Sende-**204**-Modulen die Transponderschleife gebildet zwischen dem INFOSEC- und/oder CMP-Bereich **1608**, welcher aufgebaut sein kann aus einem einzelnen oder getrennten CMP- und INFOSEC-Modulen. In diesem System **1600** wird ein Wiederholungsbetrieb möglich mit oder ohne INFOSEC. Der Transponderbus kann auch verwendet werden für ein Funksystem mit geringer Verzögerung von einer Trägerfrequenz auf eine andere Trägerfrequenz mit einem beschränkten Betrag an Fehlerkorrektur. Wellenformtransformation und ein beschränkter Betrag an Fehlerkorrektur sind ebenfalls möglich. Die AIU **308** muss geeignet ausgelegt sein, um den Wiederholungsverkehr durchzulassen. Die Wiederholungsbetriebsweise ist auch möglich durch Schließen der Wiederholungsschleife durch die CMP-Module, mit oder ohne INFOSEC. Tut man dies, so treten Vorteile auf hinsichtlich der zusätzlichen CMP- und/oder INFOSEC-Verarbeitung, was höhere Niveaus der Fehlerkorrektur beinhaltet, eine Internetzwerkartbeitsweise (inklusive einer Änderung der INFOSEC-Formatierung) und dem Wechseln zwischen verschiedenen Kommunikationsfunktionalitäten.

[0270] Das System **1700** der **Fig. 17** ist ein Identifikationssystem mit Antennendiversität zwischen zwei Antennen **102** und umfasst somit zwei gemeinsame programmierbare Empfangsmodule und somit zwei Empfangskanäle. Transponderantworten auf gültige Identifikationen werden in der zugewiesenen Zeitperiode durch die Antenne zurückgesendet, welche das größere Identifikationssignal empfängt, was es notwendig macht, dass das Sendemodul **204** gemäß dem Kanal programmiert wird, in welchem die ausgesendete Ant-

wort auftreten soll. Abermals können INFOSEC- und/oder CMP-Bereiche **1708** bereitgestellt werden oder weggelassen werden. Der Bereich **1708** wird zum Beispiel weggelassen für Mode S, Luftverkehrssteuerungsradarbakensysteme (ATCRBS = Air Traffic Control Radar Beacon System) oder TACAN-Funkfunktionen, wird aber bereitgestellt, zum Beispiel, für Freund-Feind-Abfrage-(IFF = Interrogate Friend-or-Foe)-Betriebsart 4. Anstelle der Verwendung des Transponderbusses zwischen den gemeinsamen Empfangs- und Sendemodulen wird die Transponderschleife durch das INFOSEC/CMP-Modul hindurch gebildet.

[0271] Fig. 18 veranschaulicht ein System **1800**, welches mehrere (m) programmierbare Empfangskanäle zur Identifikation und für Identifikationsfunktionen durch Programmieren des einzelnen gemeinsamen Empfangskanalmoduls **106** für eine jede verschiedene Funktion bereitstellt. Identifikationen werden ausgesendet, und Eintreffwinkel von empfangenen Antworten können gemessen werden durch Vergleich der Einzelimpulsphase und/oder -amplitude, die von mehreren (n) Antennenelementen **102** empfangen werden. In diesem Falle können die Empfangsmodule geeignet konfiguriert werden für eine gemeinsame Phasenreferenz durch Bereitstellen einer zusätzlichen analogen Zwischenverbindung zwischen ihnen, so dass der Synthesizer in einem der Empfangsmodule die gemeinsame Synthesizerquelle (nicht gezeigt) ist. Die Anzahl der erforderlichen mehrfachen Empfangskanäle (sowie die Anzahl der Antennen) hängt von dem Mechanisierungsgrad des Systems zum Empfangen der Einfallswinkelinformation ab. Das System kann Teile des INFOSEC/CMP-Bereichs **1810** umfassen oder weglassen. Dieselbe grundlegende Ausführungsform mit nur einer einzelnen Antenne kann als JTIDS-Anschluss verwendet werden. In diesem Falle hängt die Anzahl der Empfangskanäle von der benötigten Aktivierungszeit des Sicherungssystems ab.

[0272] Das in Fig. 19 gezeigte System **1900** umfasst ein nachrichtenintensives Funksystem, wie zum Beispiel ein für Flugzwecke verwendetes kommerzielles VHF-Funksystem, welches eine kanalmäßig implementierte Nachrichtenverarbeitungseinheit **1914** benötigt, ähnlich wie bei der CMP-Diskussion in Verbindung mit Fig. 16 und welches typischerweise bereitgestellt wird durch einen Universalzweckprozessor. Diese Funkfunktionen erfordern Nachrichtenverarbeitungen, die nicht bereitgestellt werden durch die Verarbeitungsfunktionen, die in dem gemeinsamen Empfangs-**106**- oder Sende-**204**-Modul enthalten sind. Trotzdem handelt es sich bei der Busschnittstelle zwischen diesen Einheiten **106/204** und der CMP **1914** üblicherweise um eine serielle Schnittstelle niedriger Geschwindigkeit. Natürlich kann ein Sicherheitsbereich (nicht gezeigt) bereitgestellt werden zwischen den gemeinsamen Funkmodulen und dem Steuerungs-/Datenbus, falls dies erwünscht ist.

[0273] Fig. 20 zeigt ein Beispiel für die Einfachheit beim Skalieren von Funkkapazität von einem ersten Kanal **2002** auf einen zweiten Kanal **2004** durch Hinzufügen eines Kanals und einer Doppelkanal-AIU **2006**. Man beachte, dass ein jeder Kanal entweder an dieselbe Antenne angebunden ist, oder an eine andere Antenne. Ein Nachrichtenbus (nicht separat gezeigt) kann (als ein Beispiel) hinzugefügt werden, um die Verkehrskapazität zu erhöhen oder die Protokollkomplexität zu verringern. Diese Figur zeigt auch ein Beispiel für das Hinzufügen einer Ersatzbusleitung **2008**, welche entweder als Steuerungs-/Datenbus oder als Nachrichtenbus programmiert werden kann. Ein Kanal kann als Wiederholer verwendet werden; der andere Kanal wird als Benutzerstation verwendet; oder beide Kanäle können verwendet werden als Wiederholer oder als Benutzerstationen. INFOSEC/CMP-Funktionalität **2010** kann oder kann nicht verwendet werden. Eine Zeitreferenz kann zur Verfügung gestellt werden über ein GPS-Modul **2012** und einen Zeitbus **2014**, welcher zum Beispiel verwendet wird für die Zeitgebung bei INFOSEC.

[0274] Ein Multibandtransceiversystem **2100**, welches mehrere programmierbare Kanäle bereitstellt und mehrere Trägerleistungsverstärker, ist in Fig. 21 gezeigt, obwohl das System so konfiguriert werden kann, dass ein jeder Leistungsverstärker nur einen einzelnen Träger handhabt aus Gründen des Wirkungsgrads oder der Primärleistungsversorgung. Mehrfache Antennenkoppler **2102** ermöglichen ein Antennenumschalten zwischen mehrfachen AIU **2104**. Empfangs-**2106**- und Sende-**2108**-HF-Signalverteilungsmodule leiten Signale für die mehrfachen (m) gemeinsamen Empfangs-**106**- und mehrfachen (n) gemeinsamen Sende-**204**-Module. In diesem System **2100** könnte ein jeder Leistungsverstärker in einer jeden AIU **2104** ausgelegt sein, um mehrere Träger zu handhaben, wodurch zwei oder mehr unabhängige Sendeträgerkanäle ermöglicht würden. Der Nachrichtenbus **324** kann so konfiguriert werden, dass er Mehrfachzugriff zeigt (d. h. intercom) von mehreren Benutzerstationen.

[0275] Fig. 22 veranschaulicht die Ausdehnung eines Mehrkanalsystems nach Fig. 21 in ein System **2200**, welches mehrfache (m) spezialisierte Kanalprozessoren **2202** umfasst. Die Figur zeigt ein Beispiel der Verbindbarkeit zwischen den gemeinsamen Empfangs-/Sendemodulen und den speziellen Prozessoren **2202**, welche INFOSEC/CMP umfassen können. Andere Formen der Verbindbarkeit sind möglich. Obwohl einige der Empfangs-/Sendekanäle "en clair" sein können, müssen alle Kommunikationskanäle durch eine vertrauenswürdige INFOSEC-Schnittstelle hindurchgehen, wie gezeigt.

[0276] Fig. 22 zeigt ein verallgemeinertes Beispiel, wie INFOSEC bereitgestellt werden kann im Rahmen der vorliegenden Erfindung, wenn INFOSEC-Fähigkeit in verschiedenen Kanälen eingeschlossen ist, und mit den kanalmäßig implementierten Nachrichtenprozessoren in diesem Beispiel. Nur einige der Antennen sind aus Vereinfachungsgründen gezeigt, aber die CNI-Funktionalität könnte ähnlich sein zu der in Fig. 23 gezeigten, außer dort, wo Informationssicherheit bereitgestellt wird für zumindest einige der in Fig. 23 gezeigten Kanäle, zum Beispiel einige der HF-, VHF- und UHF-Kanäle. Mit Bezugnahme auf Fig. 22 und auch mit Bezugnahme auf Fig. 3 werden die rote CMP-Funktionalität **312**, die schwarze CMP-Funktionalität **316** und die INFOSEC-Funktionalität **314** alle gemeinsam in einem einzelnen CMP/INFOSEC-Modul **2202** kombiniert. Weiterhin gilt, da Sicherheit für zwei Halbduplexfunkkanäle bereitzustellen ist, zum Beispiel Rx1/Tx1 für VHF Comm und Rx2/Tx2 für UHF Comm, dass es zwei getrennte CMP-/INFOSEC-Module gibt, nämlich CMP1 und CMP2, welche den Fluss von sicherer Information über das COMSEC gewährleisten durch Verschlüsseln oder Entschlüsseln des Nachrichtenverkehrs. Das heißt, dass $M = 2$ in Fig. 22, bei dem zwei sichere Kanäle von verschiedener Art von Verschlüsselung/Entschlüsselung vorliegen, gleichzeitig zur selben Zeit aktiv sein können. (Zusätzlich können diese CMP-/INFOSEC-Module den sicheren TRANSEC-Betrieb steuern, wie zum Beispiel Frequenzhüpfen oder ein direkt ausgebreitetes Sequenzspektrum, beide gemäß einem sicheren Schlüssel der programmierbaren Empfangs- und Sendemodule über ctl/Datenbusse **2230** und **2232**, oder über getrennte TRANSEC-Busse **29330a** und **29330b**, die in Fig. 30 und 31 gezeigt sind). Man beachte jedoch, dass nicht nur die sicheren Kanäle, sondern auch die "en clair"-Kanäle, in diesem Falle Rx3/Tx3 und Rx4, ebenfalls durch die INFOSEC-Steuerung hindurchgehen müssen, um sicherzustellen, dass eine sichere Information nicht entweder durch den "en clair"-Sendepfad oder durch Lecks, die auf einem "en clair"-Empfangspfad auftreten, ausgesendet wird. Obwohl eine einfache Ausführungsform nur erfordert, dass alle Kanäle durch ein einzelnes CMP-/INFOSEC-Modul hindurchlaufen, zeigt das Verbindungsdiagramm **2230** in Fig. 22 ein Niveau an Redundanz, bei dem alle Empfangs- und Sendemodule verbunden sind mit beiden CMP-/INFOSEC-Modulen, so dass, falls eines der CMP-/INFOSEC-Module ausfällt, alle "en clair"-Kanäle mit dem Betrieb fortfahren können durch das andere CMP-/INFOSEC-Modul. Weiterhin gilt, dass, falls beide CMP-/INFOSEC-Module INFOSEC-programmierbar sind, um die INFOSEC-Betriebsarten, die interessieren, zu handhaben, beide sicheren Kanäle (VHF Comm und UHF Comm in diesem Beispiel) zumindest einen sicheren Betrieb durch das CMP-/INFOSEC-Modul teilen können, welches nicht ausgefallen ist. In diesem Falle hat ein jedes CMP-/INFOSEC-Modul einen Schalter (z. B. einen FPGA-Schalter), an seiner Eingabe/Ausgabe, welcher gesteuert wird von der operationellen INFOSEC-Software, welche die sicheren Signale zu der internen INFOSEC-Verarbeitung leitet und die "en clair"-Signale direkt hindurchleitet. Im Empfangsmodus werden die "en clair"- und entschlüsselten sicheren Signale eingespeist von den gemeinsamen Empfangsmodulen auf ein CMP-/INFOSEC-Modul, werden entsprechend als sichere oder "en clair"-Signale bearbeitet, und werden mittels eines Zeitmultiplexverfahrens in einen höheren Domain (z. B. roten) seriellen Nachrichtenbus in einem geeigneten Zeitschlitz verarbeitet. Im Sendebetrieb werden die "en clair"- und sicheren Signale aus dem passenden Zeitschlitz aus der oberen Domain (d. h. dem roten) seriellen Nachrichtenbus mittels eines Zeitdemultiplexverfahrens herausgearbeitet, falls zutreffend verschlüsselt oder gegebenenfalls auch nicht, und in die geeigneten gemeinsamen Sendemodule geschaltet. Zusätzlich zu und in ähnlicher Weise wie bei den kanalmäßig implementierten Nachrichten, sind Steuersignale, die zu/von der CNI-Steuerung zu/von den gemeinsamen Empfangs- und Sendemodulen geleitet werden, ebenfalls unter der Kontrolle der CMP-/INFOSEC-Module, um sicherzustellen, dass sichere Information nicht irrtümlicherweise auf das gemeinsame Empfangs- und Sendemodul gegeben wird in der unteren Domain (d. h. den schwarzen) Steuerungs-/Datenbussen.

[0277] Die in Fig. 22 gezeigte Mechanisierung ist insbesondere attraktiv, wenn INFOSEC verwendet wird und wenn es eine große Anzahl von individuellen Benutzerstationen gibt, die aus verschiedenen Geräteschnittstellen, wie zum Beispiel **2204**, **2206**, **2208**, **2210** und/oder **2212** bestehen, und wobei verschiedene Benutzerstationen wünschen, die Fähigkeit aufzuweisen, auf einige oder alle der Empfangs- und Sendefunkkanäle zuzugreifen, die durch die gemeinsamen Empfangsmodule **106** und gemeinsamen Sendemodule **204** bereitgestellt werden. In diesem Falle empfangen die INFOSEC-/CMP-Bereiche **2214** Daten (inklusive digitalisierter Sprache, falls passend) von den verschiedenen gemeinsamen Empfangsmodulen **106**, führen die geeignete CMP- und INFOSEC-Verarbeitung inklusive Formatierung durch, und sorgen für ein Zeitmultiplexverfahren für die Daten in den auf den Nachrichtenbus **2216** zugeordneten Zeitschlitz. Entsprechend enthalten die INFOSEC-/CMP-Bereiche **2214** Daten aus den verschiedenen Zeitschlitz auf dem Nachrichtenbus **2216**, führen die geeignete CMP- und INFOSEC-Verarbeitung inklusive Formatierung durch, und leiten die Daten auf das geeignete Sendemodul **204**, welches dem jeweiligen Zeitschlitz entspricht. Da die meisten Anwendungen INFOSEC-Fähigkeit in relativ wenigen Kanälen zur selben Zeit benötigen, üblicherweise nicht mehr als 5 oder 6 und oft nur 2 oder 3, gibt es keine Notwendigkeit, wie in Fig. 24 gezeigt, einen INFOSEC-Anschluss für ein jedes Benutzergerät bereitzustellen, welches mehr als 10 oder 20 an der Zahl aufweisen könnte für einige Mehrfachstationsanwendungen, obwohl einige Benutzergeräte, wie zum Beispiel Steuerungs-/Anzeigeinheiten, aus derselben INFOSEC-Einheit heraus betrieben werden könnten. Die INFOSEC-Anschlüsse in Fig. 24

würden normalerweise nur COMSEC-Typ-Funktionalität aufweisen, und TRANSEC-Funktionalität, falls verwendet, aber nicht gezeigt, würde wahrscheinlich in Verbindung gebracht werden mit den gemeinsamen Modulen in einem jeden Funkkanal, wie zuvor erläutert. Weiterhin gilt, dass, falls bereitgestellt, der rote CMP-Bereich der kanalmäßig implementierten Nachrichtenverarbeitung auch bei einer jeden Benutzerstation bereitgestellt werden müsste. Andererseits ist der INFOSEC-/CMP-Bereich **2214** etwas aufwändiger als die INFOSEC-/CMP-Bereiche **2402**, die in **Fig. 24** gezeigt sind, da der Bereich **2214** in geeigneter Weise sichere und manchmal auch nicht sichere Daten in und vom Nachrichtenbus **2216** multiplexen und demultiplexen muss. Falls erwünscht, kann der Bus **2214** aufgeteilt werden in getrennte Busse, um zusätzlichen Verkehr und/oder verschiedene Niveaus an Sicherheit zu handhaben.

[0278] Für einige Anwendungen können die TDM-Nachrichtenschlitze des Nachrichtenbusses **2216** (die auch Steuerungsdaten enthalten könnten) konfiguriert werden, wo der Bus Intercomfunktionen bereitstellt zwischen Benutzerstationen zusätzlich zu der oben beschriebenen Funkkanalkonnektivität. Zum Beispiel könnten Zeitschlitze zugeordnet werden auf verschiedene Benutzerstationen und auf verschiedene Funkkanäle, so dass jede beliebige Benutzerstation mit jeder anderen beliebigen Benutzerstation kommunizieren könnte oder mit jedem beliebigen Funkkanal. In diesem Falle steuert die Steuerung **2220** den Betrieb des einem Zeitteilungsverfahren unterworfenen gemultiplexten Busses.

[0279] **Fig. 22** dient auch dazu, die flexiblen Netzwerkfähigkeiten eines Kommunikationsknotens zu veranschaulichen. Zum Beispiel könnten Funkkanal-/CMP-(und möglicherweise auch INFOSEC-)-Kombinationen den verschiedenen Funknetzwerken zugeordnet werden, wie zum Beispiel SINCGARS (Single-Channel Ground-to-Air Radio System = Einzelkanal-Bodenluftfunksystem), EPLRS (Enhanced Position Location and Reporting System = verbessertes Positionslokalisierungs- und -berichtssystem) und DAMA (UHF) SATCOM. (Netzwerksfunktionalität wird in den CMP-Einheiten durchgeführt und, wenn INFOSEC ebenfalls angewendet wird, innerhalb der roten CMP-Einheiten). Zum Beispiel kann es passieren, dass ein Benutzer, der eine Computersteuerung **2206** und Anzeige **2208** verwendet, wünscht, mit einer entlegenen Funkstation zu kommunizieren, die ebenfalls in ein Funknetzwerk eingebunden ist. Der Benutzer weiß möglicherweise gar nicht (oder kümmert sich nicht darum), was die exakte Natur des von der entfernten Station verwendeten Netzes ist (welches sogar sich von den oben erläuterten Netzwerken unterscheiden kann, inklusive Landleitungsnetzwerken), oder er weiß in diesem Zusammenhang nicht einmal von oder kümmert sich nicht darum, welche dazwischen verwendeten Netze (die sich ebenfalls von den oben genannten Netzwerken unterscheiden können) den Benutzer mit der entfernten Station verbinden. Der Benutzer setzt seinen Ruf unter Verwendung der lokalen oder Wide-Area-Adresse der entfernten Station oder Person ab, und die kanalmäßig implementierte Nachrichtenverarbeitung für die jeweiligen Netzwerke stellt eine Verbindung bereit, falls möglich, zu der entfernten Station über verschiedene Verbindungen zur nächsten Relaisstation und zusätzlichen Relaisstationen, gemäß den vorbestimmten Regeln für die Bereitstellung von Netzwerken und üblicherweise unter der Gesamtaufsicht der CNI-Steuerung. Zum Beispiel kann die Verbindung zu der entfernten Station sequenziell versucht werden auf allen verfügbaren Funknetzwerken, oder kann gleichzeitig versucht werden, abhängig von dem Prioritätsniveau des Anrufs. Weiterhin kann auch INFOSEC-Funktionalität eingefügt werden, falls notwendig, gemäß der Standardpraxis, die mit einem jeden Funksystem verbunden ist. Die Auswahl mehrerer verschiedener Radionetzwerke für die Benutzerverbindung zu einer entfernten Station ist in hohem Maße wünschenswert für dazwischengreifende mobile Funknetzwerke, wo die Verbindbarkeit verschiedener Funkverbindungen sich ändern kann abhängig von einer Bewegung oder Umgebungseinflüssen.

[0280] Ähnlich wie bei der obigen Verbindung eines lokalen Benutzers mit einer entfernten Station, wobei verschiedene Funknetzwerke verwendet werden, kann die in **Fig. 22** gezeigte Architektur auch als Netzwerkrelais dienen für ein gegebenes Netzwerk oder als ein Netzwerk-Router zwischen verschiedenen Typen von Netzwerken. Signale von einem Typ von Radionetzwerk können empfangen werden mit einem gemeinsamen Empfangsmodul, welches programmiert ist für den passenden Funkkanal, angemessen formatiert ist in einem damit in Verbindung stehenden CMP-Modul, durchgeleitet wird, zum Beispiel über einen Nachrichtenbus, auf ein anderes CMP-Modul, wo es geeignet für ein anderes Funknetzwerk formatiert wird, weitergeleitet wird auf ein gemeinsames Sendemodul, für eine geeignete Signalmodulation, und dann auf die damit in Verbindung stehende AIU geleitet wird und auf eine Antenne für eine Wiederabstrahlung in den freien Raum.

[0281] **Fig. 23** zeigt ein System für ein militärisches Transportflugzeug. Das System ist ähnlich zu dem in **Fig. 8** gezeigten CNI-System für ein kommerzielles Transportflugzeug, außer dass militärische CNI-Funkfunktionen verwirklicht sind. Die hauptsächlich funktionellen Unterschiede für dieses spezielle Beispiel bestehen darin, dass SATCOM, Mode S und DME nicht verwendet werden, und dass UHF-Kommunikation (Comm), IFF und TACAN verwendet werden. Der militärische Teil des VHF Comm-Bandes und UHF Comm ist eingeschlossen durch Hinzufügen der geeigneten Filterung in der V/UHF AIU **2312**. IFF-Transponder sind mit Mode S und

der TACAN-Abfragevorrichtung integriert, welches die DME-Abfragevorrichtung ersetzt. Ähnlich zu dem in **Fig. 8** gezeigten System werden die gemeinsamen Empfangs- und Sendemodule entsprechend den Comm AIU **2310** und **2312**, Nav AIU **2314** und Transponder/Abfragevorrichtung AIU **2316** gruppiert. Weiterhin ist die HF AIU **2310** mit einer Antennendurchstimmeinheit (ATU) verbunden, anstatt direkt verbunden zu sein mit einer HF-Antenne. Antennenschalter werden in den verschiedenen AIU **2312**, **2314** und **2316** bereitgestellt, um HF-Signale zu/von den gewünschten Antennen durchzuleiten. Ähnlich dem in **Fig. 8** gezeigten System hat das System eine doppelte unabhängige Redundanz und kann zu einer gegebenen Zeit 2 Comm-Kanäle, 2 Navigationskanäle oder Abfragevorrichtungen und 2 Transponder bedienen. Ähnlich wie bei der in **Fig. 8** erläuterten DME-Betriebsweise wird ein gemeinsames Empfangsmodul **2226** entweder mit den Nav-Funktionen oder mit TACAN verwendet über den gemeinsam geteilten Empfänger-HF-Pfad **2340**. Weiterhin gilt, ähnlich wie in **Fig. 8**, dass eine Mode-S-Schnittstelle **920** bereitgestellt ist für separate TCAS II-Geräte, welche nicht gezeigt sind. Zusätzlich ist ein gemeinsames Extraempfangsmodul **2322** einer jeden Comm-Funktion zugeordnet, um schnell durch jede beliebige Kombination von HF-, VHF- und UHF SSB- oder AM-Überwachungskanälen auf Aktivität durchzuscanen. Eine Steuerung des Systems erfolgt durch die zweifach redundanten CNI-Steuerungen **2344** und **2346**, die ihrerseits wiederum extern gesteuert werden durch Bedienungspersonal oder Luftfahrzeuggeräte mittels (normalerweise bevorzugt) MIL-STD-1553-Bussen **2348** und **2350**. Die Schnittstellen auf externe Geräte **2352** sind abhängig von der Anwendung, aber sie sind typischerweise ähnlich zu den Schnittstellen **924** und **926** der Audio- und Steuerungs-/Anzeigeeinheiten in **Fig. 8**. Analoge und/oder digitale Zwischenrahmenverbindungen **2354** können auch bereitgestellt werden, falls dies für die zusätzliche Verwendung von gemeinsamen Schaltkreisen gewünscht wird, zum Beispiel gilt, falls eine AIU im Rahmen #1 ausfällt, dass die zugeordneten gemeinsamen Empfangs- und Sendemodule über fehlertolerantes Umschalten verbunden werden könnten, um mit der passenden AIU im Gestell #2 zu arbeiten.

[0282] **Fig. 34** zeigt einen Fall, wo getrennte Antennen (und in diesem Falle auch getrennte AIU) verwendet werden für die Empfangs- und Sendepfade, die mit einer bestimmten Funkfunktion zusammenhängen. Diese Implementierung könnte verwendet werden für einen Vollduplexbetrieb, zum Beispiel im kommerziellen SAT-COM, Mobiltelefonen oder anderen Typen von Funksystemen, wobei der Signalempfang auf einem Frequenzkanal gleichzeitig stattfinden kann mit der Aussendung eines Signals mit relativ hohem Leistungspegel auf einen anderen Kanal, und die Antennen an getrennten Orten untergebracht sind, um Sender-zu-Empfänger-Interferenzen zu minimieren. In diesem Falle besteht keine Notwendigkeit für einen T/R-Duplexer in entweder der einen oder der anderen AIU.

[0283] Die programmierbare digitale Funkarchitektur der vorliegenden Erfindung ist eine, bei der Funkkanäle aufgeteilt sind in hardwaremäßig ausgeführte Module, und zwar nicht gemeinsame und gemeinsame, wie oben erläutert, wobei der gemeinsame Bereich schnell programmiert werden kann, um eine große Palette von CNI-Funktionen zu bedienen, und wobei die Unterteilung den Hardware-"Overhead" in den gemeinsamen Bereichen minimiert, um es für diese gemeinsamen Bereiche zu ermöglichen, dass sie häufig in einer gegebenen Anwendung repliziert werden, sowie auch zwischen verschiedenen Anwendungen, und dass so die gesamte Hardware für eine integrierte Mehrfachfunktions-CNI-Funktsystemanwendung dramatisch reduziert wird, da die programmierbaren gemeinsamen Kanäle zeitaufgeteilt werden können zwischen verschiedenen CNI-Funktionen, und wobei die Gesamtkosten für eine integrierte Mehrfachfunktions-CNI-Funktsystemanwendung dramatisch reduziert sind, da weniger Gesamthardware benötigt wird und da "economy of scale"-Kostenvorteile realisiert werden können durch weniger Modultypen, die innerhalb und zwischen Anwendungen verwendet werden.

[0284] Die vielen Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der ausführlichen Beschreibung, und somit ist beabsichtigt, dass die beigefügten Ansprüche all diese Merkmale und Vorteile abdecken. Weiterhin gilt, da zahlreiche Modifikationen und Änderungen für den Fachmann leicht ersichtlich sind, dass nicht gewünscht ist, die Erfindung auf den exakten Aufbau und die exakte Betriebsweise, wie erläutert und beschrieben, zu beschränken, und dass dementsprechend alle geeigneten Modifikationen und Äquivalente herangezogen werden können, die in den Schutzbereich der Erfindung fallen. Zum Beispiel kann das Empfangsmodul **106** hinsichtlich der Flexibilität bei der A/D-Wandlung in einer früheren IF-Stufe und das Sendemodul **204** kann verbessert werden durch D/A-Wandeln bei einer späteren IF-Stufe, so dass mehr IF-Umwandlung in den digitalen Submodulen stattfindet, sollte die Fortentwicklung einer solchen Umwandlungstechnik existieren, um die relativ sperrigen und in gewisser Weise teuren analogen Schaltkreise in diesen Modulen zu reduzieren. Die speziellen Anwendungsmodule **310** können konfiguriert werden, um fortgeschrittene und zukünftige Wellenformen zu handhaben, die eine Verarbeitung in einem anderen Bereich statt der Frequenz benötigen. Und da die Verarbeitungsgeschwindigkeit größer wird, oder Verarbeitungshardware kleiner wird, können Nachrichtenprozessor- und Sicherheitsfunktionen in den gemeinsamen Modulen **106** und **204** untergebracht werden. Für die Verarbeitung spezieller Wellenformen kann die Ausgabe des A/D-Schalters **606** bereit-

gestellt werden durch ein spezielles Ausgabeport auf einen spezialisierten Prozessor mit sehr hoher Geschwindigkeit.

[0285] Mit Bezugnahme auf **Fig. 7B** und **5** ist eine alternative Unterscheidung der Schaltkreise zwischen dem analogen Submodul **800** (dem gemeinsamen Sendemodul **204**) und einer AIU, wie zum Beispiel **104**, für den Fachmann offensichtlich, um die Gesamtsystemhardware für einige Anwendungen zu reduzieren. Die in **Fig. 7B** gezeigte Ausführungsform umfasst einen HF-Bereich, der aus einer geschalteten Filterbank besteht, die aus den Schaltern **826**, **840**, **842** und **844** besteht, den Filtern **828**, **830**, **831**, **832** und **833**, und mittleren Leistungs-HF-Verstärkern **834**, **836** und **838**. Zum Beispiel gilt, dass, falls das gemeinsame Sendemodul **204** mit einer AIU verwendet wird, die für eine Funkfunktion konfiguriert wird, die irgendwo im 1,5 bis 88 MHz-Band liegt, die Schalter **826** und **840** umgelegt werden, um das Signal durch die Tiefpassfilter **828** und den mittleren Leistungsverstärker **834** hindurchzuführen und dann extern auf die AIU. Falls das gemeinsame Sendemodul **204** mit einer anderen AIU verwendet wird, werden die Schalter umgelegt, um das Signal durch die geeignete AIU zu führen. Der Zweck dieses HF-Bereichs besteht darin, den Pegel der Signalausgabe anzuheben, welche extern auf die geeigneten AIU geleitet wird, um diesen Signalpegel ausreichend höher zu machen als äußere Signale, welche auf demselben Pfad eingefangen werden könnten. Da die Signallinearität aufrechterhalten werden muss für eine breite Palette von Funkfunktionen, müssen die HF-Verstärker **834**, **836** und **838** eine ausreichend hohe Kompressionspunktleistung relativ zu dem Signal aus dem Mischer **824** aufweisen. Mehrfache HF-Verstärker **834**, **836** und **838** werden verwendet, da die gegenwärtig zur Verfügung stehende Technologie es nicht erlaubt, dass ein Einzelmediumleistungsverstärker das gesamte 2–2000 MHz-Band abdeckt, und da es der Vorsicht entspricht, ein selektives Filtern vor einer solchen Verstärkung durchzuführen. Wird das gemeinsame Sendemodul **204** verwendet, aber nicht gleichzeitig mit mehreren AIU, die in anderen Frequenzbereichen arbeiten, so ist der Hardware-"Overhead" für das Gesamtsystem minimal. Für viele Anwendungen wird jedoch ein spezielles gemeinsames Sendemodul nur mit AIU verbunden, die in einem der Subbänder arbeiten, die durch einen jeden der Verstärker **834**, **836** und **838** abgedeckt sind, und vielleicht sogar die weiteren Subbänder, die durch die Filter **828**, **830**, **831**, **832** und **833** abgedeckt werden. Vorausgesetzt, das Signal zwischen dem gemeinsamen Sendemodul und seiner AIU kann ausreichend von äußeren Signalen isoliert werden, würde bei einer bevorzugten Ausführungsform nur der passende Filter und mittlere Leistungsverstärker in der AIU untergebracht werden und dadurch die verbleibenden Filter und HF-Verstärker eliminiert werden, sowie auch die meisten oder alle der Schalter. Wird zum Beispiel das gemeinsame Sendemodul **204** als eine AIU verwendet, welche ausgelegt ist für eine Funkfunktion irgendwo im 1,5 bis 88 MHz-Band, und die Schalter **826**, **840**, **842** und **844**, die Filter **828**, **830**, **831**, **832** und **833** sowie die mittleren Leistungs-HF-Verstärker **834**, **836** und **838** von dem gemeinsamen Sendemodul **204** eliminiert, und das Signal aus dem Mischer **818** wird direkt auf die AIU geleitet, so dass nur der Tiefpassfilter **828** und der mittlere Leistungsverstärker **834** in der AIU enthalten sein müssen. Weiterhin ist es möglich, den Tiefpassfilter **828** auf die Funkfunktion der zugehörigen AIU maßzuschneidern.

[0286] Mit Hinblick auf **Fig. 6A** und **5** ist eine alternative Unterteilung der Schaltkreise zwischen dem analogen Submodul **500** (des gemeinsamen Empfangsmoduls **106**) und einer AIU, wie zum Beispiel **104**, für den Fachmann offensichtlich, um die Gesamtsystemhardware zu reduzieren, und die Empfängerleistung für einige Anwendungen zu verbessern. In einigen Anwendungen wird das gemeinsame Empfangsmodul **106** verwendet in Zusammenarbeit mit nur einer (oder einigen wenigen) AIU, und die mit dieser AIU in Verbindung stehende Funkfunktion verwendet nur einen der ersten IF-Filter in der Filterbank **508**. Wird der durchstimmbare L01 **504** und Mischer **506** in die zugehörige AIU positioniert, so ist es dann möglich, nur den (die) ersten IF-Filter in der Filterbank **508** unterzubringen, welche/r verwendet wird (werden) in Verbindung mit der zugehörigen AIU, und dadurch die anderen IF-Filter (und möglicherweise die Filterschalter in der Filterbank) für die zugehörige Anwendung zu eliminieren. Weiterhin ist es möglich, den Mischer **506** sowie das IF AIU exakt maßzuschneidern, anstelle den Mischer oder den Filter so auszulegen, dass sie zusammen mit verschiedenen Funkanforderungen (d. h. verschiedenen AIU) arbeiten können. Weiterhin gilt, falls der durchstimmbare L01 **804** und der Mischer **824** des analogen Submoduls **800** in **Fig. 7B** ebenfalls zu der zugehörigen AIU bewegt würden, dass Halbduplexfunkfunktionen denselben durchstimmbaren Bereich des L01 teilen könnten, und dadurch die Gesamthardware reduzieren könnten, indem keine zwei durchstimmbaren Bereiche des L01 notwendig wären. Obwohl diese alternativen Ausführungsformen die gesamte Systemhardware reduzieren können und vielleicht die Leistungsfähigkeit einiger solcher Systemanwendungen verbessern könnten, sind sie nicht notwendigerweise bevorzugte Ausführungsformen, da sie die durchstimmbaren und fest eingestellten Bereiche der Gesamtsynthesizer aufteilen in die gemeinsamen Empfangs- und gemeinsamen Sendemodule, da sie zusätzliche Synthesizersteuerleitungen benötigen zwischen den gemeinsamen Modulen und den AIU und da sie einen Teil der gemeinsamen Schaltkreise in nicht-gemeinsamen AIU unterbringen und dadurch Einsparungen hinsichtlich der "economy of scale"-Effekte reduzieren.

[0287] Eine alternative Unterteilung der funktionellen Elemente, zum Beispiel innerhalb eines Kanals, ist ebenfalls möglich.

[0288] Ausführliche Beschreibung der verschiedenen Module und Einheiten, um Antennenschnittstelleneinheiten, wie sie zum Beispiel durch **304** dargestellt sind, zu umfassen, das gemeinsame Empfangsmodul **106**, das gemeinsame Sendemodul **104**, CMP-Module, welche das schwarze CMP-Modul **312** und das rote CMP-Module **316** umfassen, das INFOSEC-Modul **314**, das INFOSEC-Verwaltungsmodul **318**, das INFOSEC-Ladetafel/-Ladegerät **320**, die Busschnittstelleneinheit **304**, die System-(oder CNI-)Steuerung **302**, die Verarbeitungsanwendung **310** sowie die Einzelheiten der dazugehörigen Busse, diskreten Einheiten und anderen Verbindungen zwischen diesen Modulen, sind hauptsächlich gegeben worden zu Veranschaulichungszwecken, und die hierin beschriebene Erfindung eines digital programmierbaren Funksystems besteht aus den verschiedenen Modulen und Zwischenverbindungen und stellt eine offene Architektur bereit, wobei ein beliebiger Lieferant seine eigenen Designs für individuelle Elemente (Module, Einheiten, Busse, u. s. w.) liefern kann, so lange wie solche Elemente die Schnittstellenanforderungen und anderen Anforderungen dieser Elemente erfüllen.

[0289] Die vorliegende Erfindung kann auch angewandt werden außerhalb des traditionellen Funkbands (auf den Gebieten des RADAR, der elektronischen Abhörmaßnahmen (ESM = electronic surveillance measures) für elektronischen Nachrichtenverkehr (ELINT = electronic intelligence), der elektronischen Gegenmaßnahmen (ECM = electronic counter measures) und anderer Systeme bis hin zu Hunderten von Gigahertz und darüber hinaus, wo eine geeignete Frequenzumsetzung in einer AIU durchgeführt wird. Zum Beispiel können ELINT und ESM aufgenommen sein durch Abtasten geeigneter Frequenzbänder und Überwachung von Funkaktivität. Für ECM kann eine Transpondertyp-Funktionalität verwendet werden, um ein (unfreundliches) HF-Signal zu empfangen, das Signal geeignet zu stören, und das gestörte Signal zurückzuschicken. Ein Betrieb bei praktisch jeder HF-Signalfrequenz, zum Beispiel in einem Radarband bei 9 GHz bis 10 GHz, kann erreicht werden über Blockfrequenzumsetzung in der zuvor diskutierten AIU.

Patentansprüche

1. Digital programmierbares multifunktionelles Funksystem, welches umfasst:

Ein gemeinsames Sendemodul (**204**), welches programmierbar rekonfigurierbar ist zum Betrieb in einer jeden einer Vielzahl verschiedener Funkbetriebsarten, zur digitalen Verarbeitung eines Bit-Stroms in ein digitales Signal, zum Wandeln des digitalen Signals in ein analoges Signal und zur Durchführung einer Frequenzumsetzung des analogen Signals in ein Hochfrequenzsignal;

eine Antenne (**100**); und

ein Antennenschnittstellenmodul (**104**), welches an die Antenne und das gemeinsame Sendemodul gekoppelt ist, um ein weiteres Verarbeiten des Hochfrequenzsignals durchzuführen und zum Bereitstellen des weiterverarbeiteten Hochfrequenzsignals auf die Antenne zum Aussenden,

dadurch gekennzeichnet,

dass das gemeinsame Sendemodul (**204**) und das Antennenschnittstellenmodul (**104**) so unterteilt sind, dass das gemeinsame Sendemodul Bauteile umfasst, welche programmierbar rekonfigurierbar sind zum Betrieb in allen der Vielzahl von verschiedenen Funkbetriebsarten und dass das Antennenschnittstellenmodul nur Bauteile umfasst, die bestimmt sind zum Betrieb in nur einer einzigen oder relativ wenigen der Vielzahl von verschiedenen Funkbetriebsarten.

2. Digital programmierbares multifunktionelles Funksystem nach Anspruch 1, welches weiterhin eine Vielzahl von gemeinsamen Sendemodulen (**204**) umfasst, von denen jedes programmierbar rekonfigurierbar ist zum Betrieb in einer jeden der Vielzahl von verschiedenen Funkbetriebsarten, um jeweils digital mehrere Bit-Ströme in mehrere digitale Signale zu verarbeiten, wobei jeweils die mehreren digitalen Signale in mehrere analoge Signale gewandelt werden und jeweils eine Durchführung einer Frequenzumsetzung der mehreren analogen Signale in mehrere Hochfrequenzsignale stattfindet.

3. Digital programmierbares multifunktionelles Funksystem nach Anspruch 2, wobei das Antennenschnittstellenmodul (**104**) an die Vielzahl von zusätzlichen gemeinsamen Sendemodulen (**204**) gekoppelt ist und jeweils eine weitere Verarbeitung der vielen Hochfrequenzsignale durchführt und die weiterverarbeiteten mehreren Hochfrequenzsignale auf die Antenne zum Aussenden gibt.

4. Digital programmierbares multifunktionelles Funksystem nach jeweils einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Antenne mehrere Antennen umfasst, die an das Antennenschnittstellenmodul gekoppelt sind, um jeweils das weiterverarbeitete Hochfrequenzsignal sowie die weiterverarbeiteten mehreren Hochfrequenzsigna-

le auszusenden.

5. Digital programmierbares multifunktionelles Funksystem nach jeweils einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei das Antennenschnittstellenmodul (**104**) eine Vielzahl von Antennenschnittstellenmodulen umfasst, die an die Vielzahl von gemeinsamen Sendemodulen gekoppelt sind, um die mehreren Hochfrequenzsignale sowie das Hochfrequenzsignal weiterzuverarbeiten und um das weiterverarbeitete Hochfrequenzsignal und die weiterverarbeiteten mehreren Hochfrequenzsignale auf die mehreren Antennen zu geben.

6. Digital programmierbares multifunktionelles Funksystem nach jeweils einem der Ansprüche 2 bis 5, wobei das gemeinsame Sendemodul (**204**) und die Vielzahl von gemeinsamen Sendemodulen auf unterschiedlichen Kanälen parallel betrieben werden.

7. Digital programmierbares multifunktionelles Funksystem nach jeweils einem der Ansprüche 2 bis 6, wobei das gemeinsame Sendemodul (**204**) und die Vielzahl von gemeinsamen Sendemodulen identisch und als Einsteckeinheiten austauschbar sind.

8. Digital programmierbares multifunktionelles Funksystem nach jeweils einem der Ansprüche 2 bis 7, welches weiterhin ein gemeinsames Ersatzsendemodul (**1008**) umfasst, welches verbindbar ist mit dem Antennenschnittstellenmodul beim Ausfall eines beliebigen der gemeinsamen Sendemodule (**204**) und der Vielzahl der gemeinsamen Sendemodule.

9. Digital programmierbares multifunktionelles Funksystem nach jeweils einem der Ansprüche 2 bis 8, wobei die Antenne (**100**) mehrere Antennen umfasst um jeweils das weiterverarbeitete Hochfrequenzsignal und die weiterverarbeiteten mehreren Hochfrequenzsignale auszusenden, wobei das Antennenschnittstellenmodul (**104**) Bauteilgruppen umfasst um jeweils die weitere Verarbeitung des Hochfrequenzsignals und der mehreren Hochfrequenzsignale durchzuführen, um das weiterverarbeitete Hochfrequenzsignal und die weiterverarbeiteten Hochfrequenzsignale bereitzustellen.

10. Digital programmierbares multifunktionelles Funksystem nach jeweils einem der Ansprüche 2 bis 9, wobei das gemeinsame Sendemodul (**204**) und die mehreren gemeinsamen Sendemodule programmierbar rekonfiguriert sind zum Betrieb in jeweils verschiedenen der Vielzahl von verschiedenen Funkbetriebsarten.

11. Digital programmierbares multifunktionelles Funksystem, welches umfasst:
 Eine Antenne (**102**) zum Empfangen eines Hochfrequenzsignals;
 ein Antennenschnittstellenmodul (**104**), welches an die Antenne gekoppelt ist, zur Durchführung einer Vorverarbeitung des Hochfrequenzsignals; und
 ein gemeinsames Empfangsmodul (**106**), welches an das Antennenschnittstellenmodul gekoppelt ist und programmierbar rekonfigurierbar ist zum Betrieb in einer jeden einer Vielzahl von verschiedenen Funkbetriebsarten, zur Durchführung einer Frequenzumsetzung des vorverarbeiteten Hochfrequenzsignals in ein analoges Signal, und zum Wandeln des analogen Signals in ein digitales Signal und zum digitalen Verarbeiten des digitalen Signals in einen Bit-Strom, dadurch gekennzeichnet,
 dass das gemeinsame Empfangsmodul (**106**) und das Antennenschnittstellenmodul (**104**) so unterteilt sind, dass das gemeinsame Empfangsmodul Bauteile enthält, welche programmierbar rekonfigurierbar sind zum Betrieb in allen der Vielzahl von verschiedenen Funkbetriebsarten und wobei das Antennenschnittstellenmodul nur Bauteile umfasst, die bestimmt sind zum Betrieb in nur einer einzigen oder relativ wenigen der Vielzahl von verschiedenen Funkbetriebsarten.

12. Digital programmierbares multifunktionelles Funksystem nach Anspruch 11, wobei die Antenne (**102**) mehrere Hochfrequenzsignale empfängt und das Antennenschnittstellenmodul (**104**) eine Vorverarbeitung der mehreren Hochfrequenzsignale durchführt.

13. Digital programmierbares multifunktionelles Funksystem nach Anspruch 12, welches weiterhin eine Vielzahl von gemeinsamen Empfangsmodulen (**106**) umfasst, von denen jedes programmierbar rekonfigurierbar ist zum Betrieb in einer jeden der Vielzahl von verschiedenen Funkbetriebsarten, um jeweils die Frequenzen der vorverarbeiteten mehreren Hochfrequenzsignale in mehrere analoge Signale umzusetzen, wobei jeweils die mehreren analogen Signale in mehrere digitale Signale gewandelt werden und die mehreren digitalen Signale jeweils digital in mehrere Bit-Ströme verarbeitet werden.

14. Digital programmierbares multifunktionelles Funksystem nach entweder Anspruch 12 oder 13, wobei

die Antenne (**102**) mehrere Antennen umfasst, um jeweils das Hochfrequenzsignal und die mehreren Hochfrequenzsignale zu empfangen.

15. Digital programmierbares multifunktionelles Funksystem nach Anspruch 14, wobei das Antennenschnittstellenmodul (**104**) eine Vielzahl von Antennenschnittstellenmodulen umfasst, die an die mehreren Antennen gekoppelt sind, zum Vorverarbeiten des Hochfrequenzsignals und der mehreren Hochfrequenzsignale und zum jeweiligen Bereitstellen des vorbearbeiteten Hochfrequenzsignals und der vorbearbeiteten mehreren Hochfrequenzsignale auf das gemeinsame Empfangsmodul und die mehreren gemeinsamen Empfangsmodule.

16. Digital programmierbares multifunktionelles Funksystem nach jeweils einem der Ansprüche 13 bis 15, wobei das gemeinsame Empfangsmodul (**106**) und die mehreren gemeinsamen Empfangsmodule auf verschiedenen Kanälen parallel betrieben werden.

17. Digital programmierbares multifunktionelles Funksystem nach jeweils einem der Ansprüche 13 bis 16, wobei das gemeinsame Empfangsmodul (**106**) und die mehreren gemeinsamen Empfangsmodule identisch und als Einsteckeinheiten austauschbar sind.

18. Digital programmierbares multifunktionelles Funksystem nach jeweils einem der Ansprüche 13 bis 17, welches weiterhin ein gemeinsames Ersatzempfangsmodul (**1006**) enthält, welches verbindbar ist mit dem Antennenschnittstellenmodul (**104**), beim Ausfall des gemeinsamen Empfangsmoduls oder eines beliebigen der mehreren gemeinsamen Empfangsmodule.

19. Digital programmierbares multifunktionelles Funksystem nach jeweils einem der Ansprüche 13 bis 18, wobei das gemeinsame Empfangsmodul (**106**) und die mehreren gemeinsamen Empfangsmodule programmierbar rekonfiguriert sind zum Betrieb in jeweils verschiedenen Funkbetriebsarten aus der Vielzahl von Funkbetriebsarten.

20. Digital programmierbares multifunktionelles Funksystem, welches umfasst:
 Ein gemeinsames Sendemodul (**204**), welches programmierbar rekonfigurierbar ist zum Betrieb in einer jeden aus einer Vielzahl von verschiedenen Funkbetriebsarten, zum digitalen Verarbeiten eines ersten Bit-Stroms in ein erstes digitales Signal, Wandeln des ersten digitalen Signals in ein erstes analoges Signal und zur Durchführung einer Frequenzumsetzung des ersten analogen Signals in ein erstes Hochfrequenzsignal;
 eine Antenne (**100**) zum Empfangen eines zweiten Hochfrequenzsignals;
 ein Antennenschnittstellenmodul (**104**), welches an die Antenne und das gemeinsame Sendemodul gekoppelt ist, zum weiteren Verarbeiten des ersten Hochfrequenzsignals, und welches das weiterverarbeitete erste Hochfrequenzsignal auf die Antenne gibt zum Aussenden und zum Durchführen der Vorverarbeitung des zweiten Hochfrequenzsignals; und
 ein gemeinsames Empfangsmodul (**106**), welches an das Antennenschnittstellenmodul gekoppelt ist und programmierbar konfigurierbar ist zum Betrieb in einer jeden der Vielzahl von verschiedenen Funkbetriebsarten, und um die Frequenzumsetzung des vorverarbeiteten zweiten Hochfrequenzsignals in ein zweites analoges Signal durchzuführen und zum Wandeln des zweiten analogen Signals in ein zweites digitales Signal und zum digitalen Verarbeiten des zweiten digitalen Signals in einen zweiten Bit-Strom, dadurch gekennzeichnet,
 dass das gemeinsame Sendemodul (**204**), das gemeinsame Empfangsmodul (**106**) und das Antennenschnittstellenmodul (**104**) so unterteilt sind, dass das gemeinsame Sendemodul und das gemeinsame Empfangsmodul Bauteile enthalten, die programmierbar rekonfigurierbar sind zum Betrieb in allen der Vielzahl von verschiedenen Funkbetriebsarten und wobei das Antennenschnittstellenmodul nur Bauteile umfasst, die bestimmt sind zum Betrieb in nur einer einzigen oder relativ wenigen aus der Vielzahl von verschiedenen Funkbetriebsarten.

Es folgen 41 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

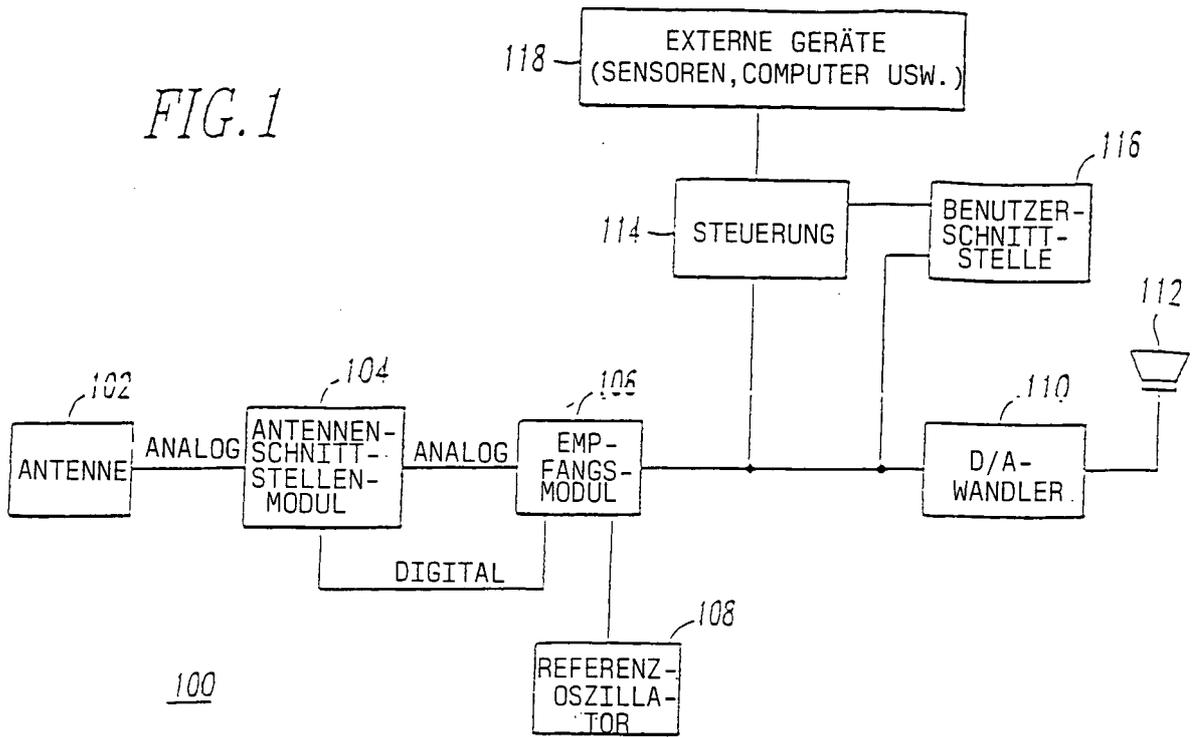
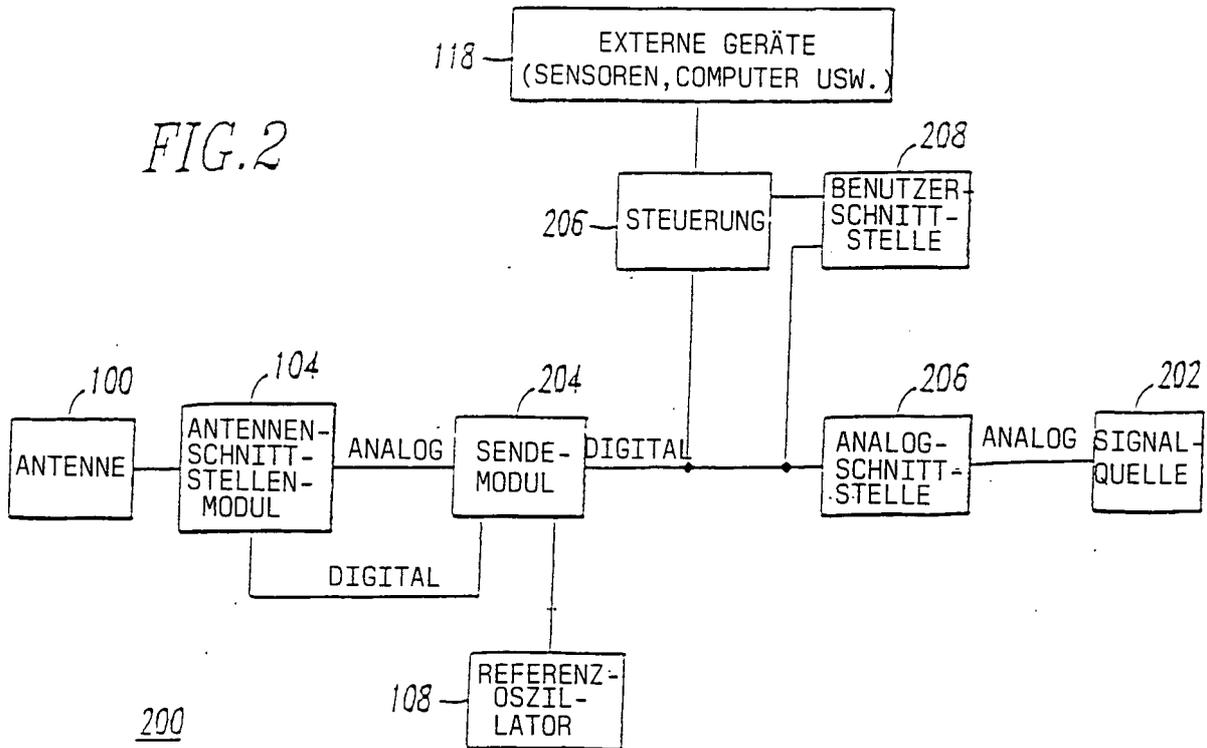


FIG. 2



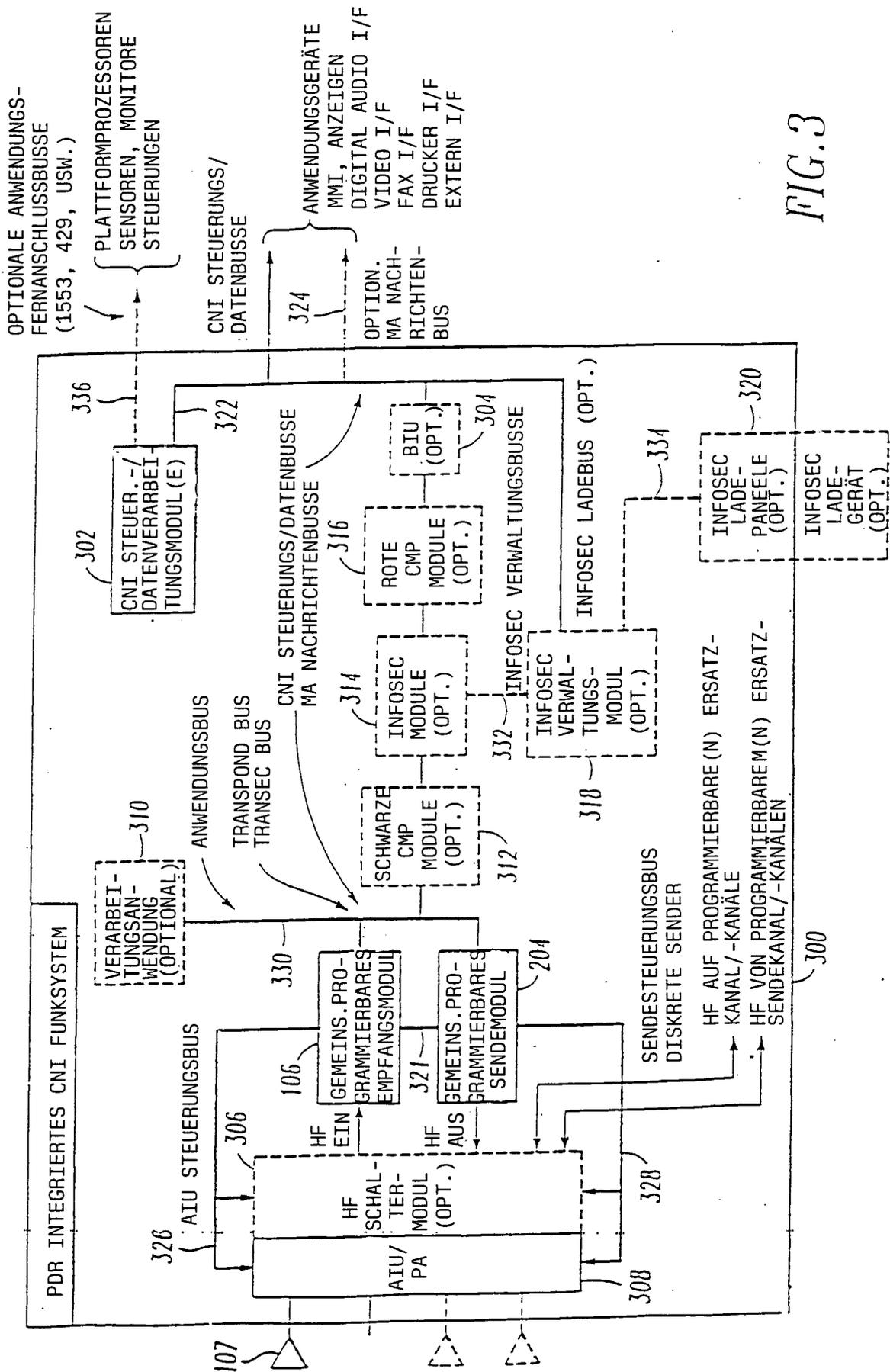


FIG. 3

FIG. 4A

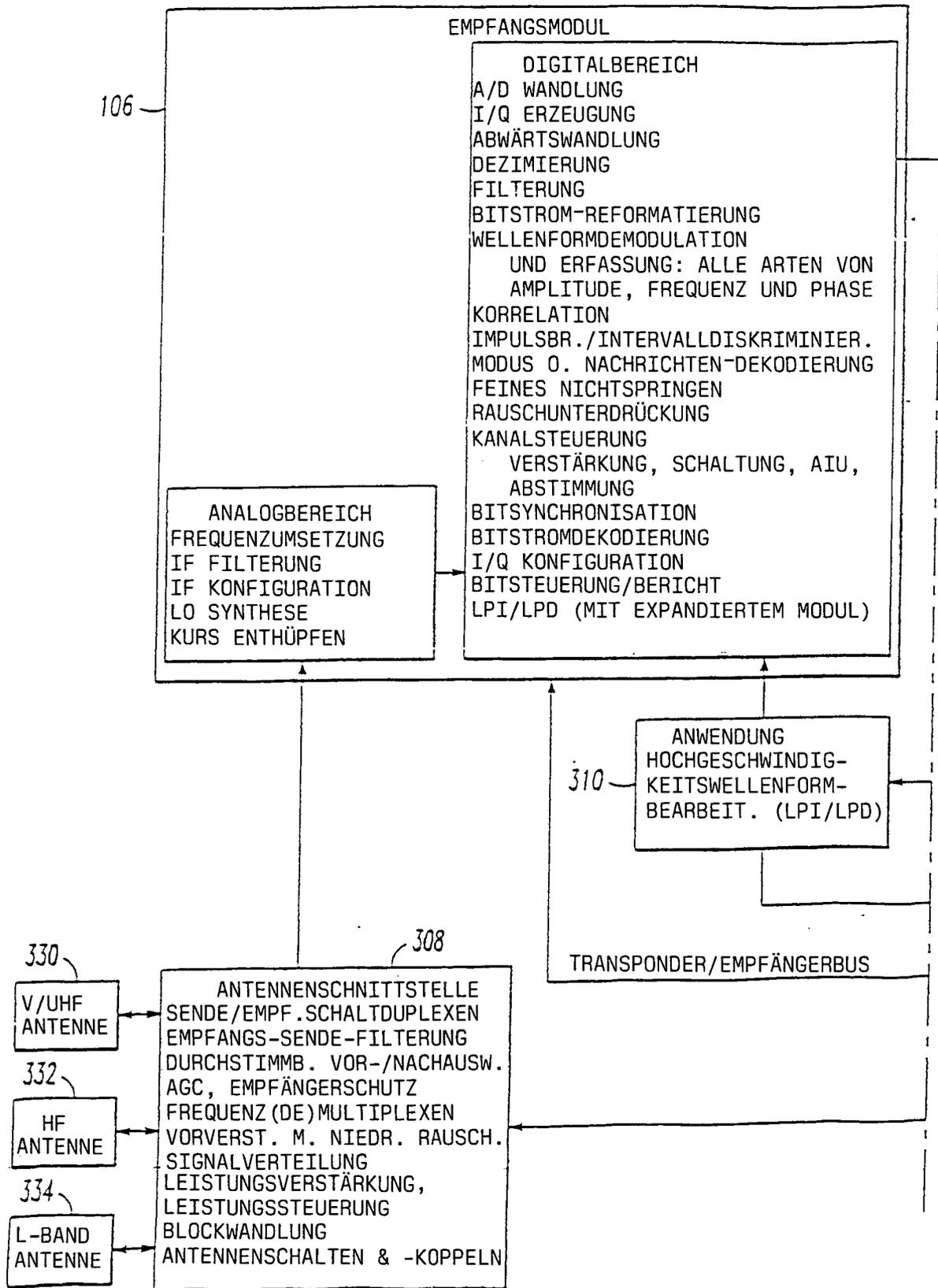
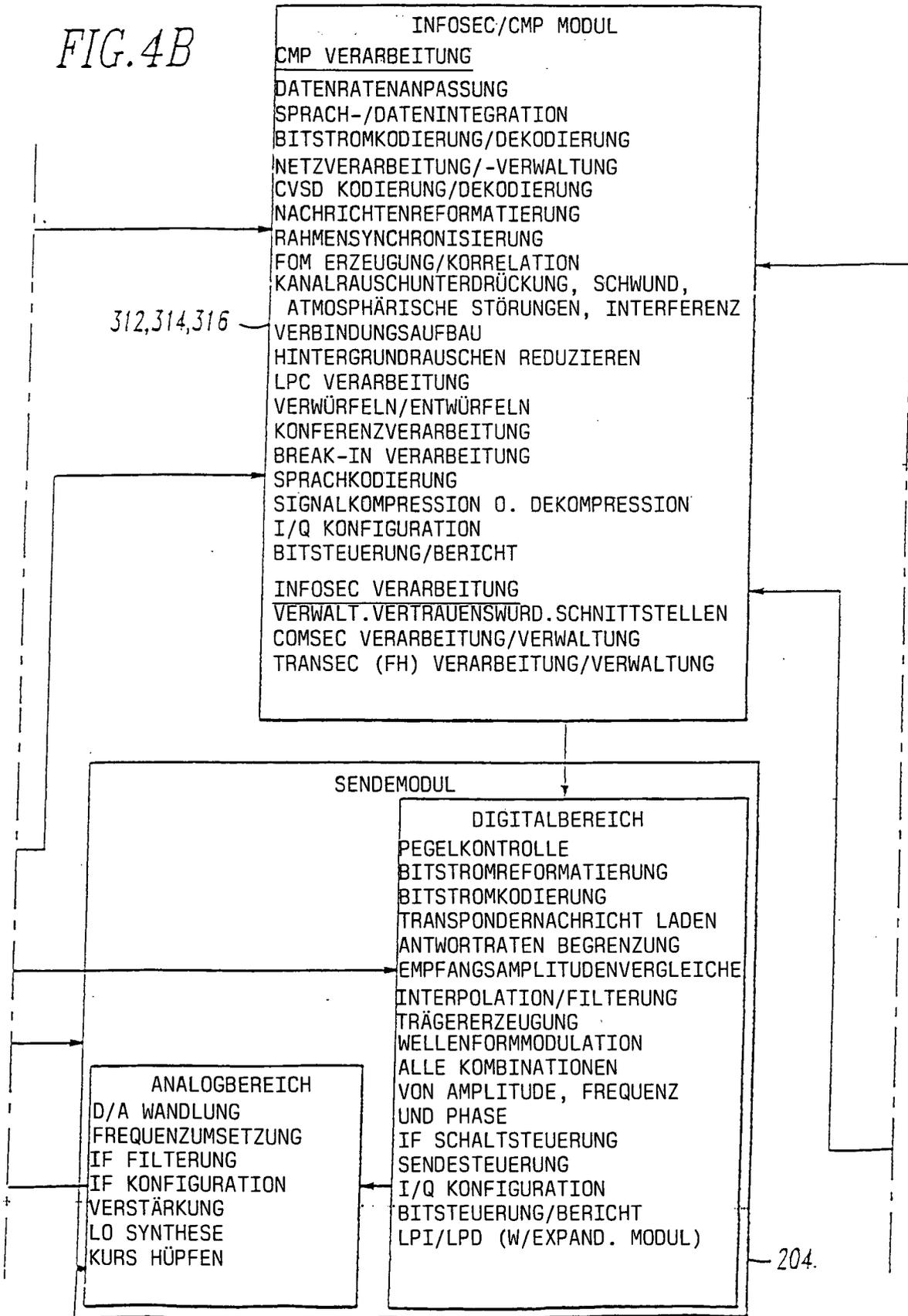


FIG. 4B



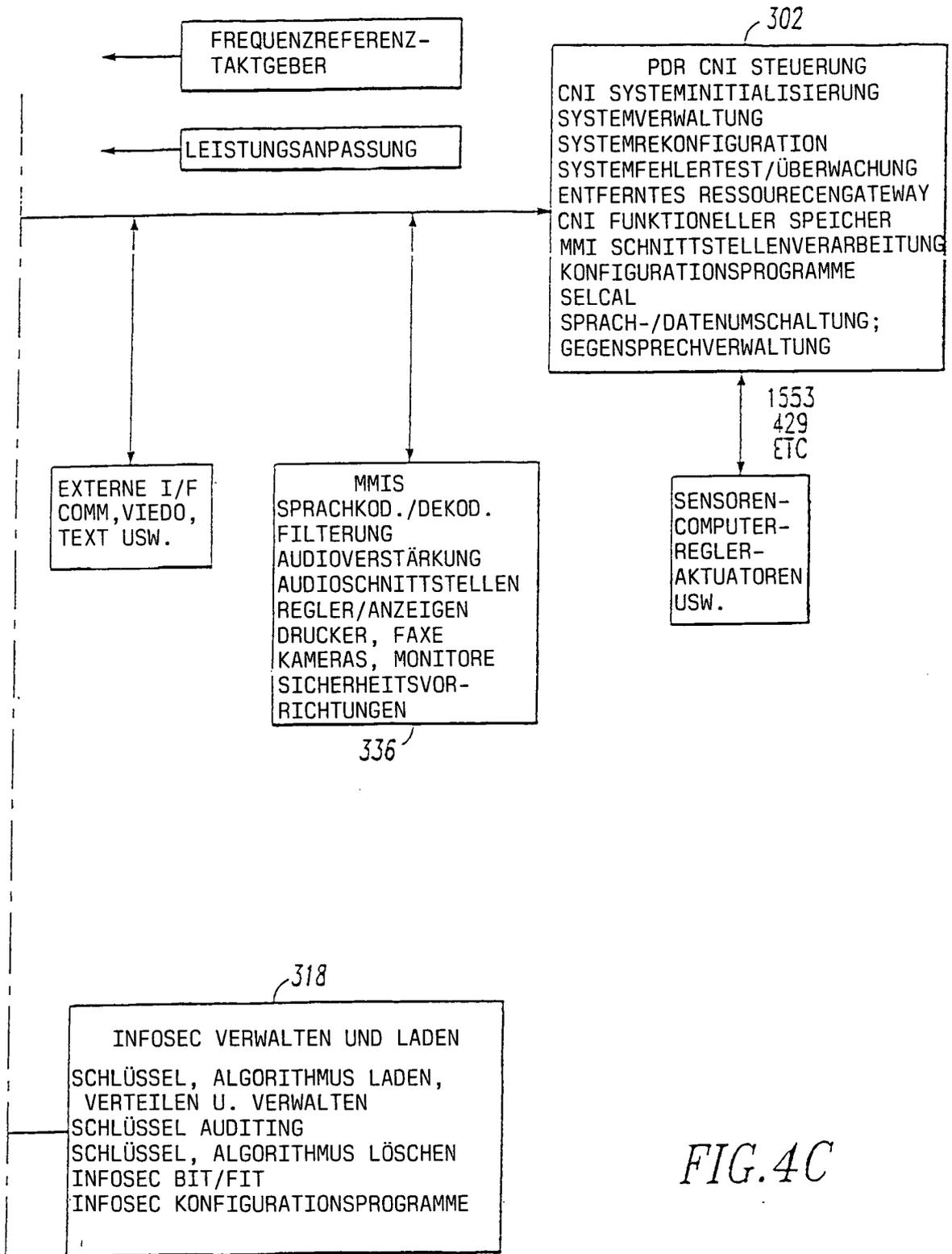


FIG. 4C

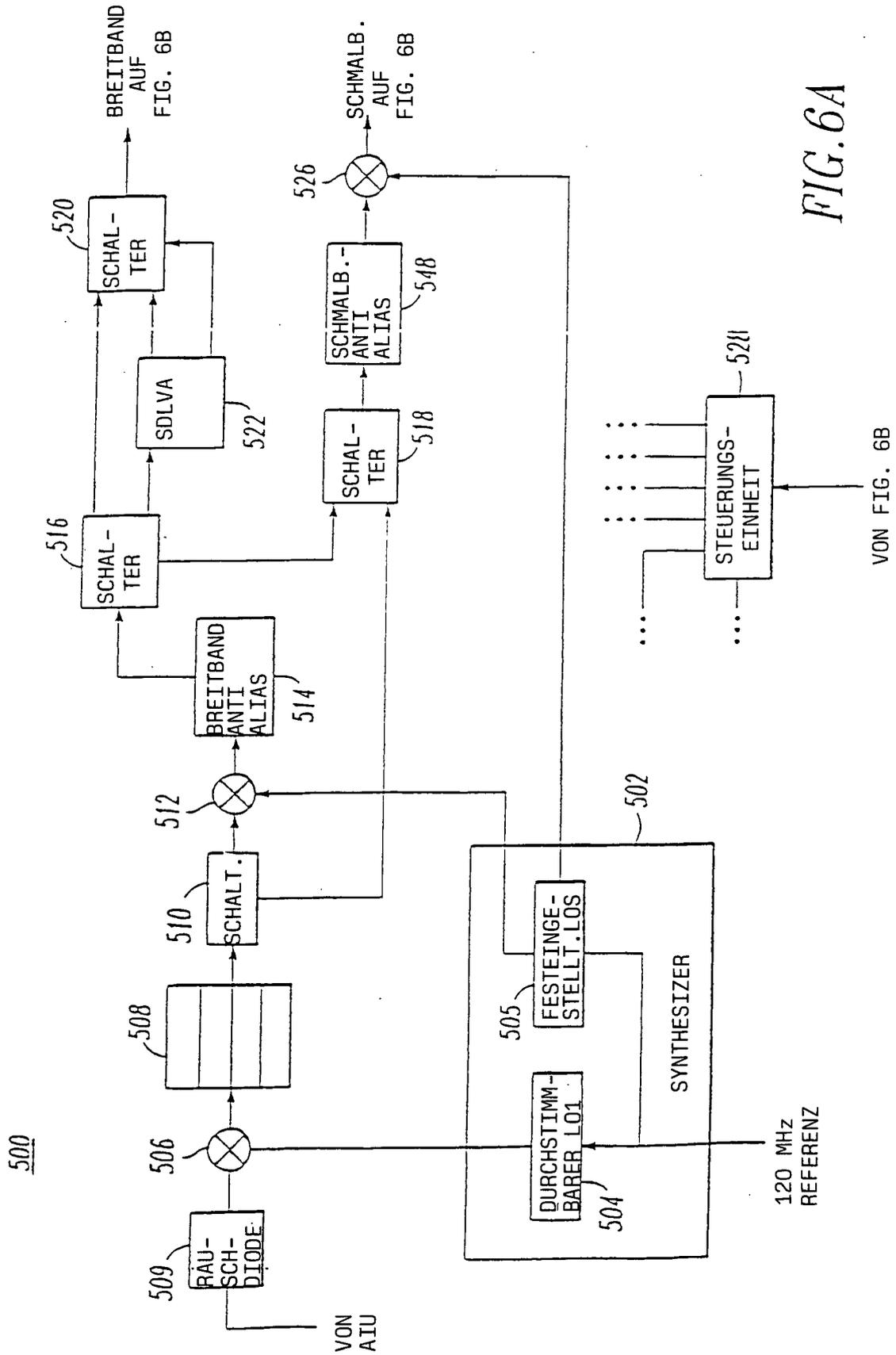
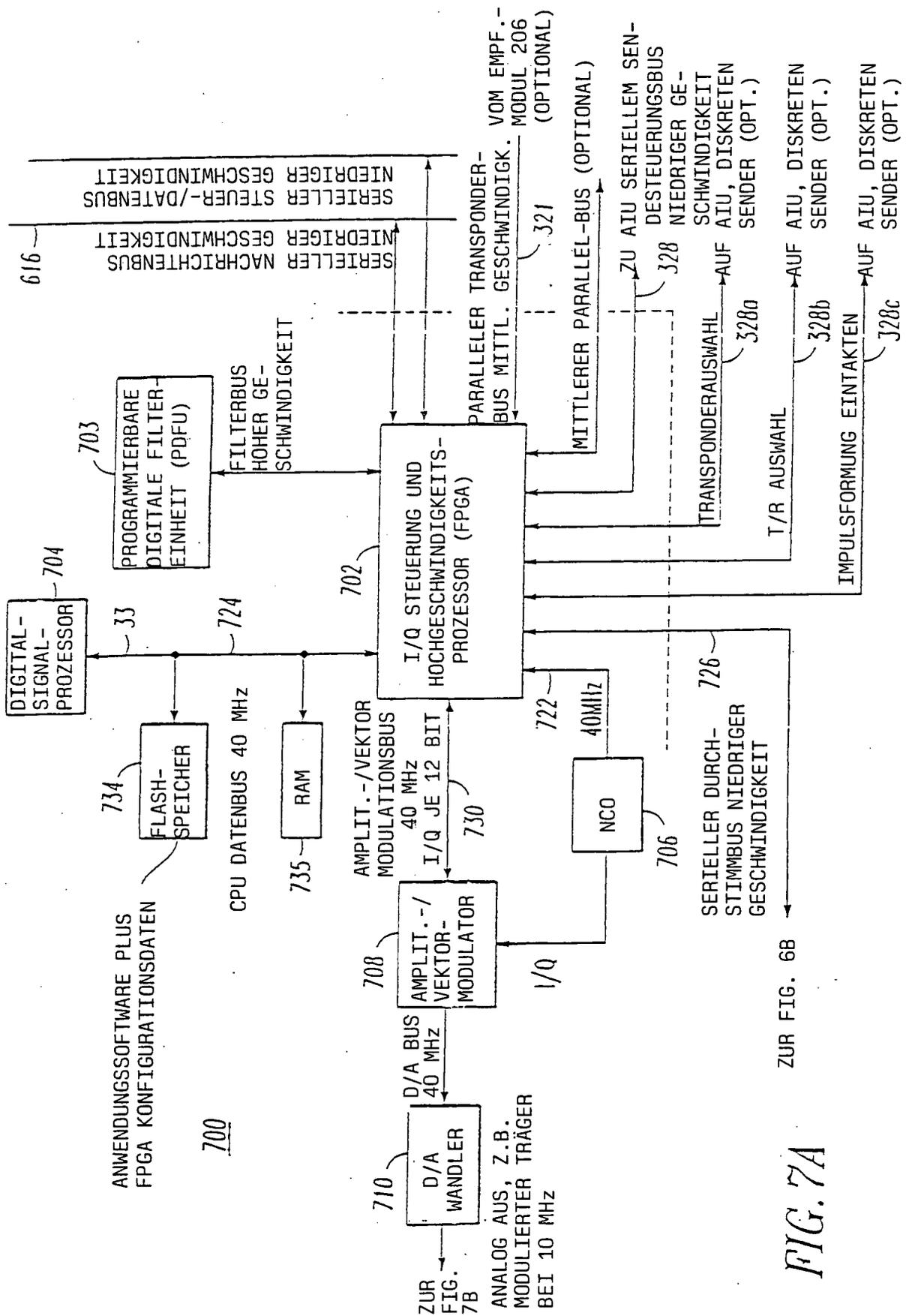


FIG. 6A

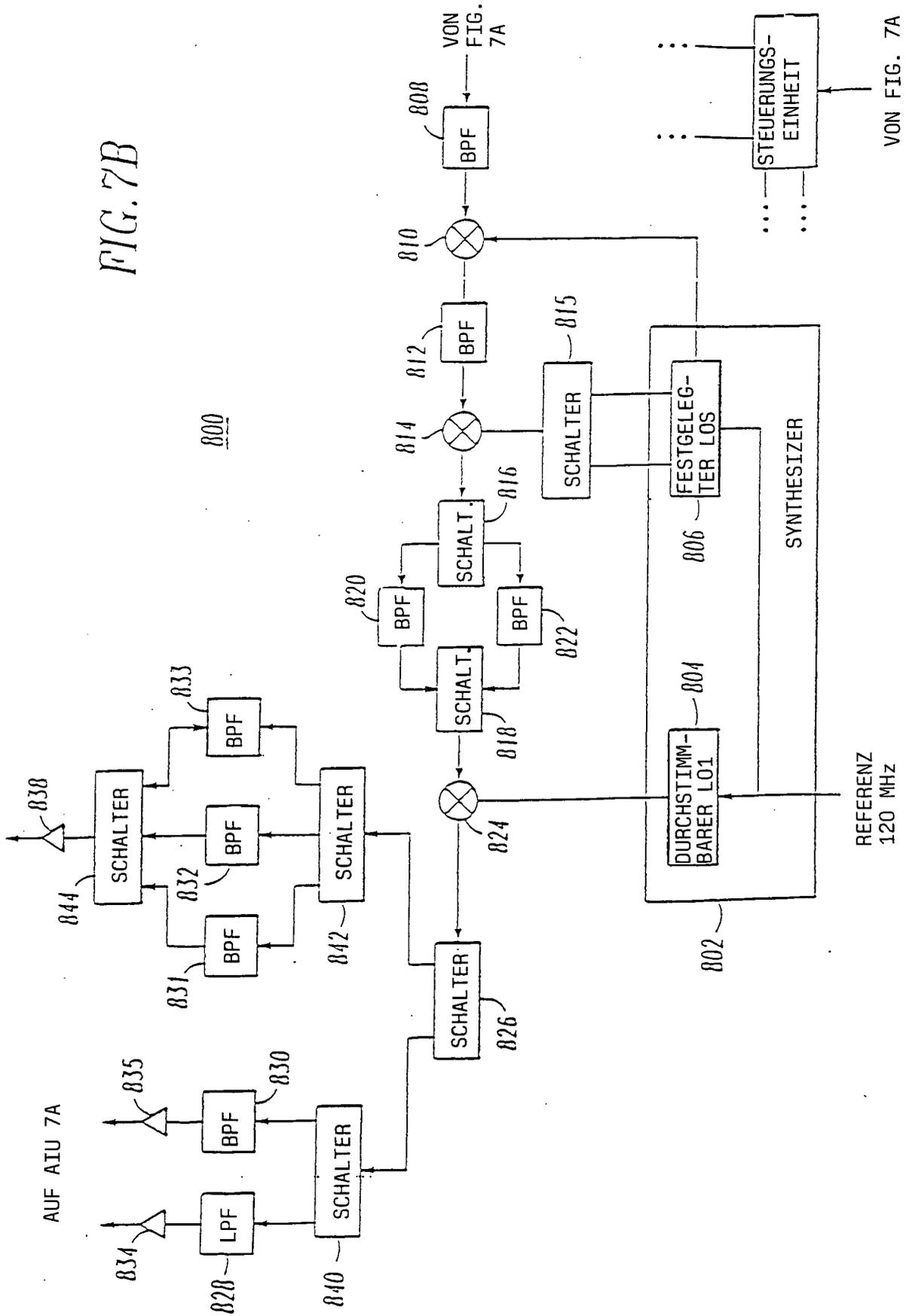
500



ZUR FIG. 6B

FIG. 7A

FIG. 7B



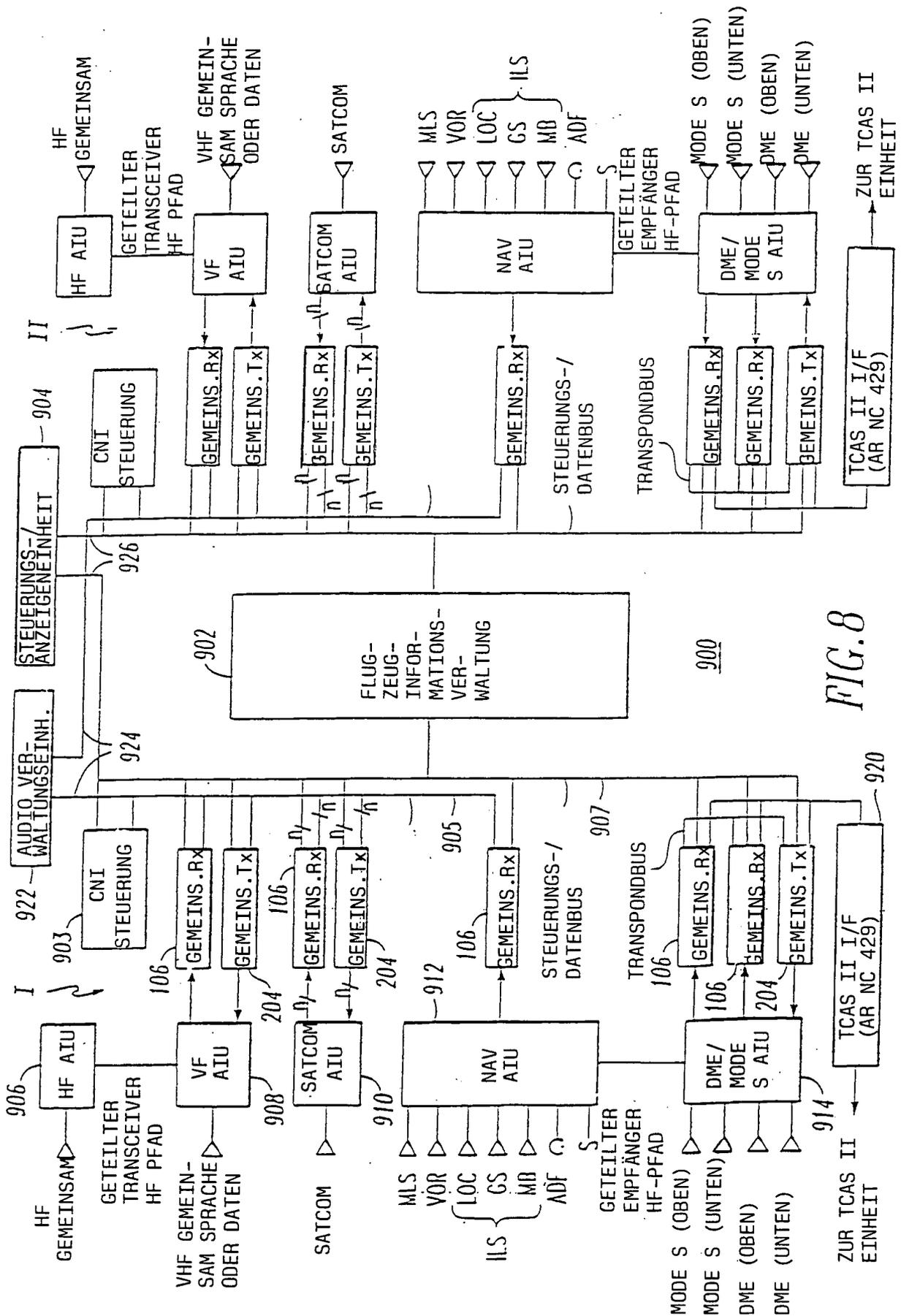


FIG. 8

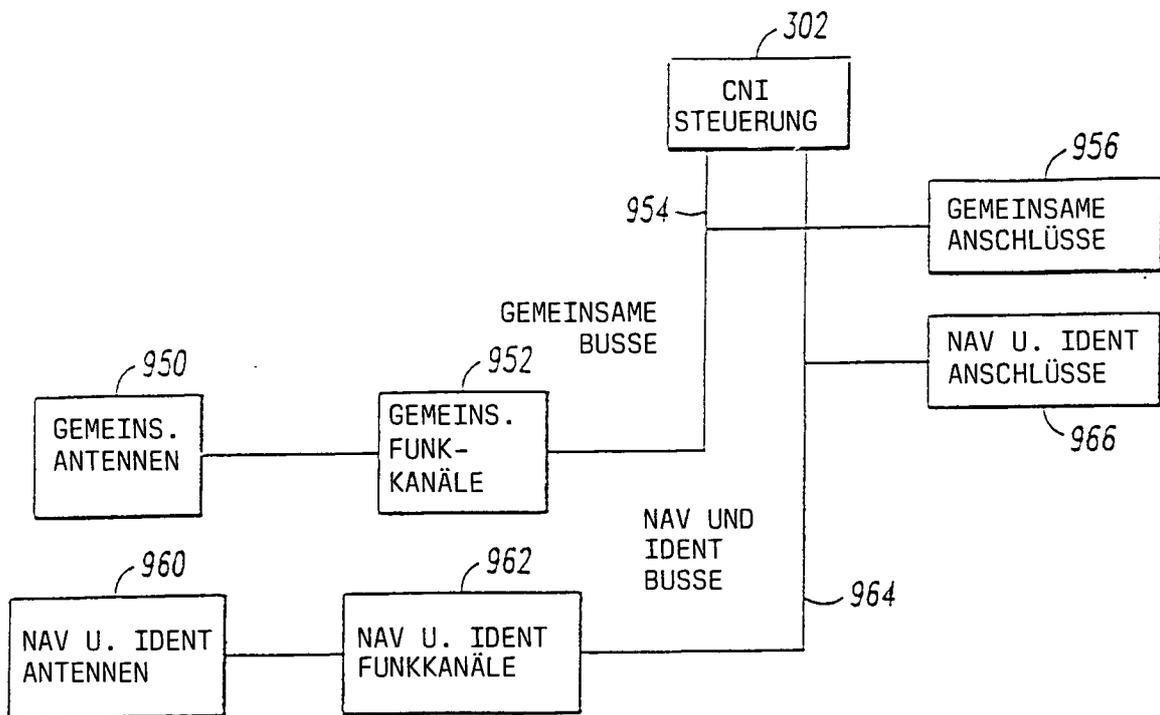


FIG. 9

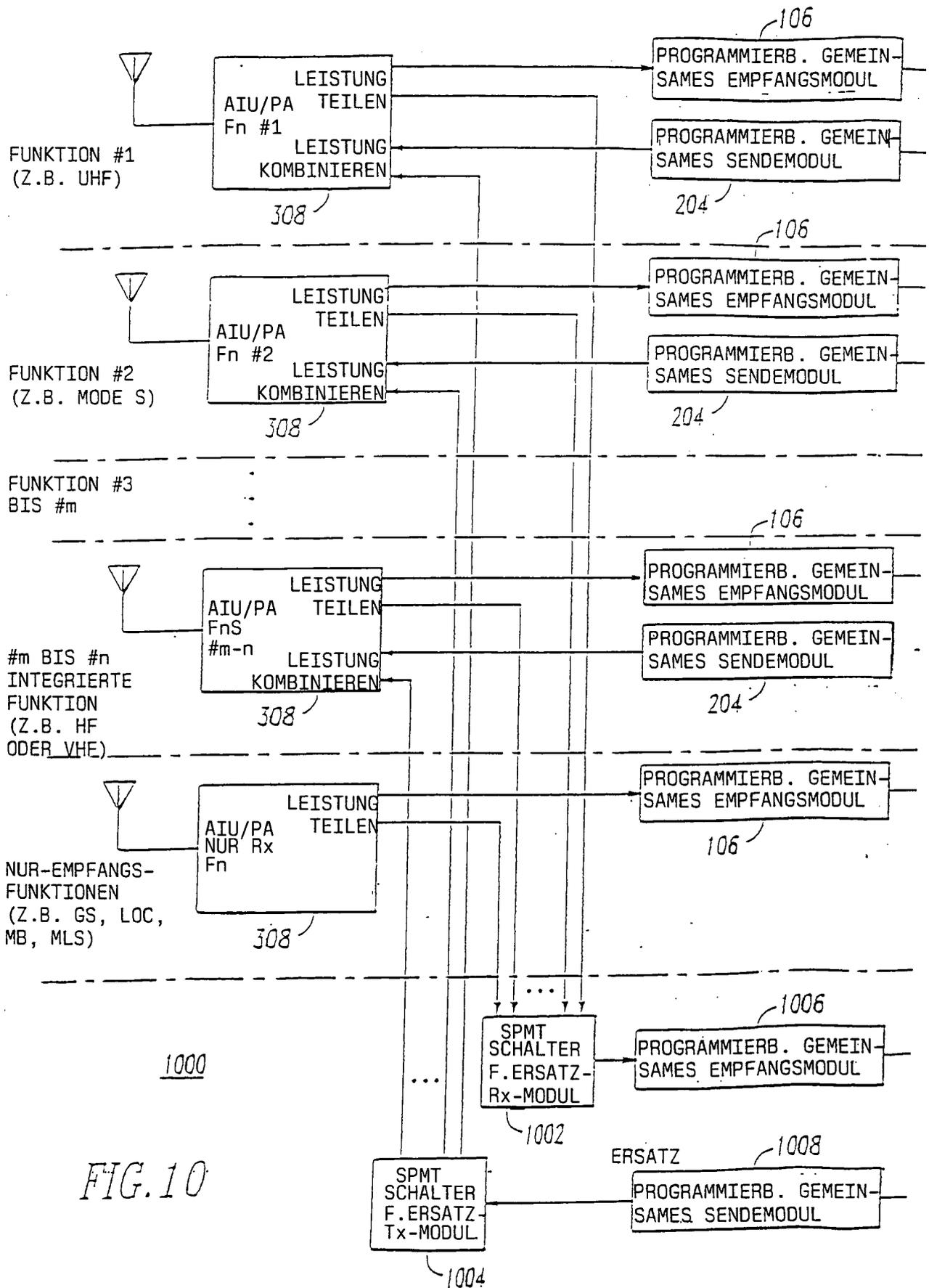


FIG. 10

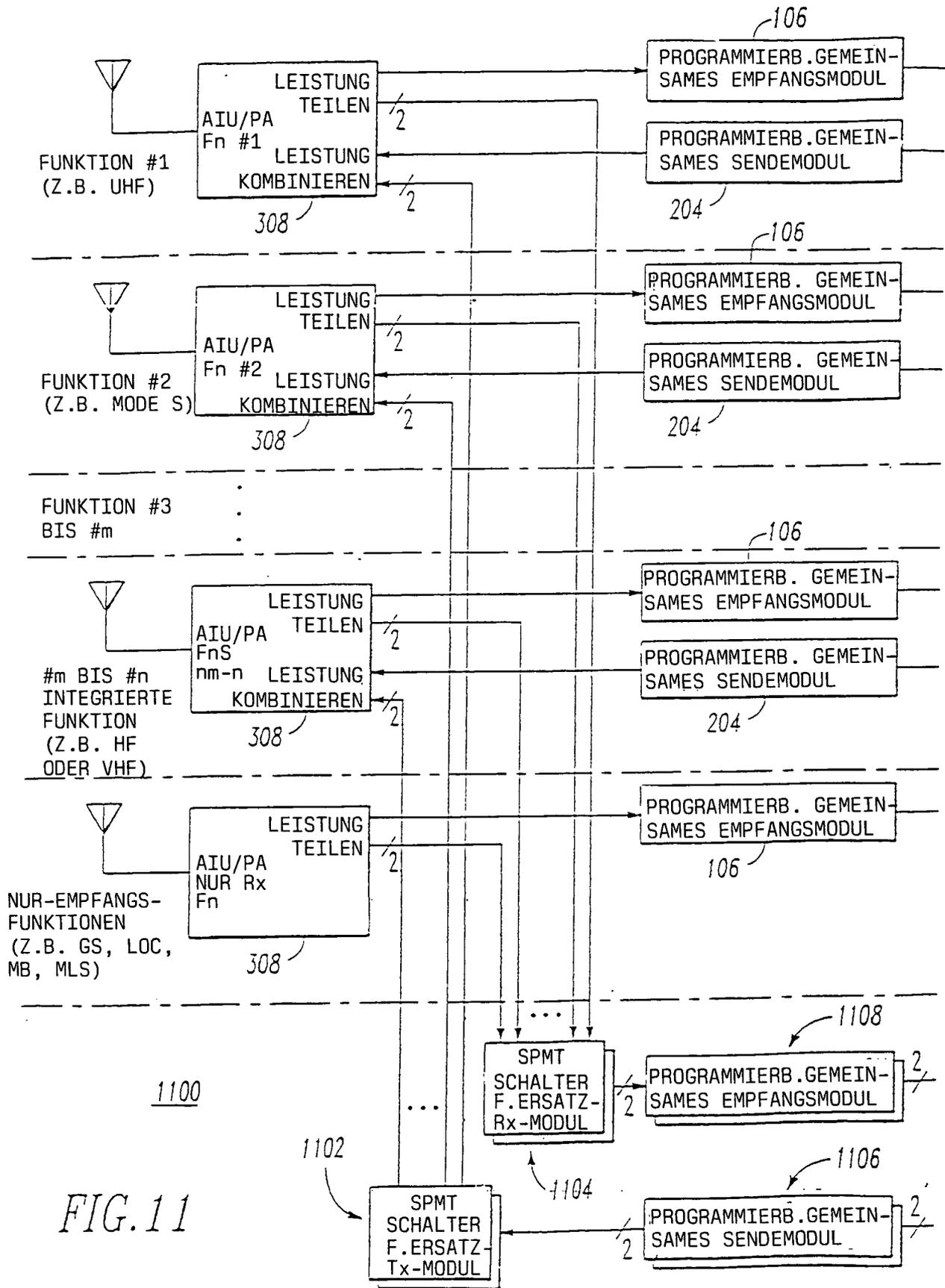


FIG. 11

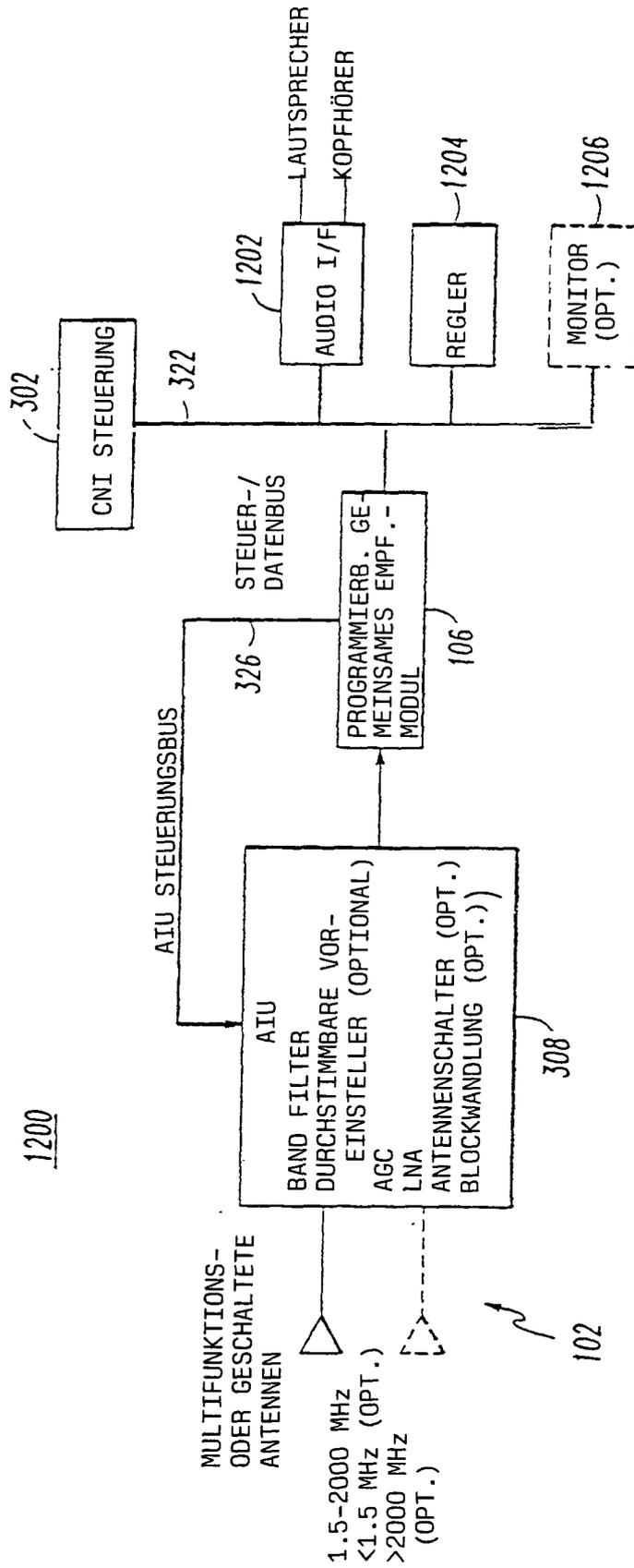


FIG. 12

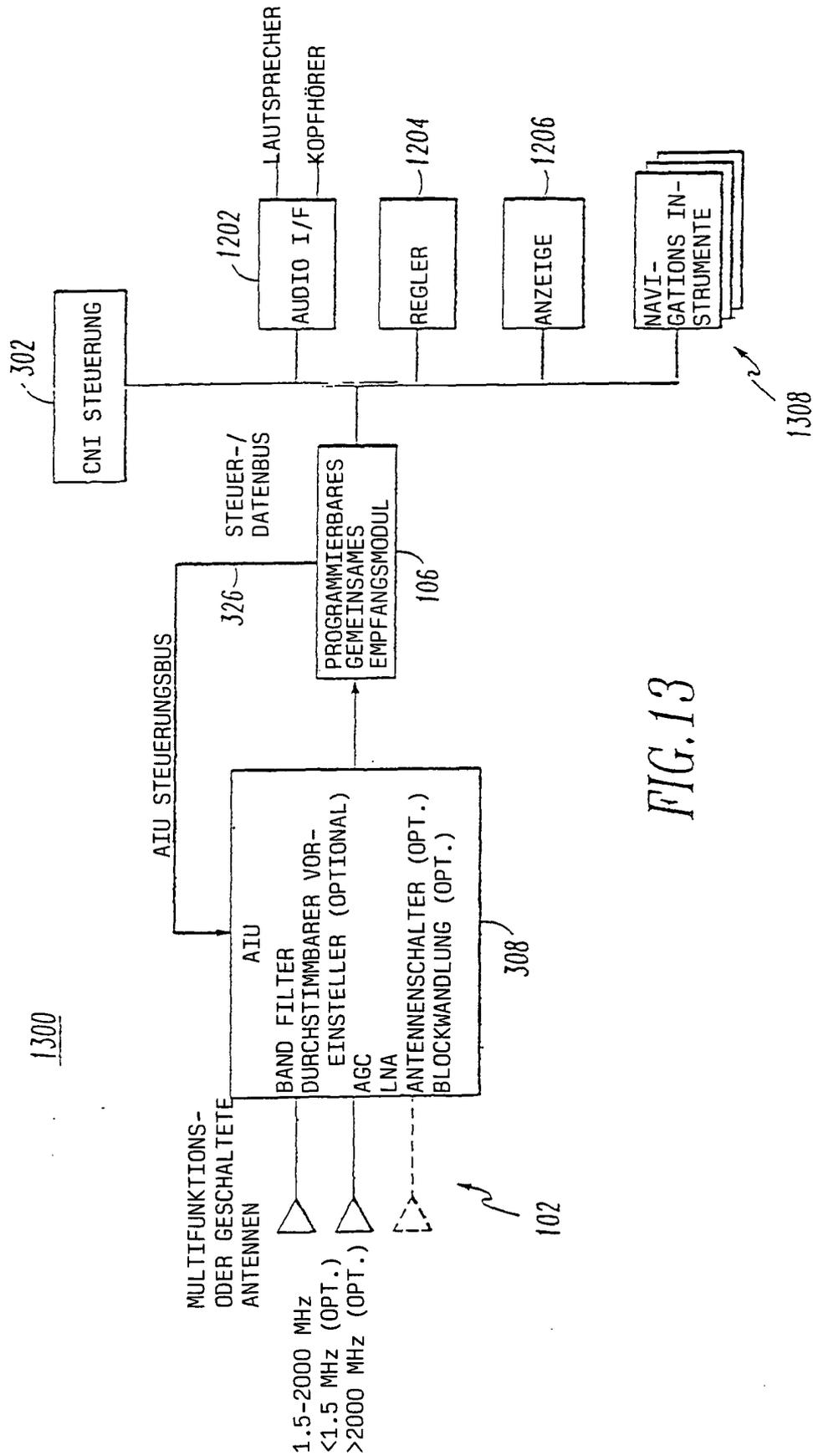


FIG. 13

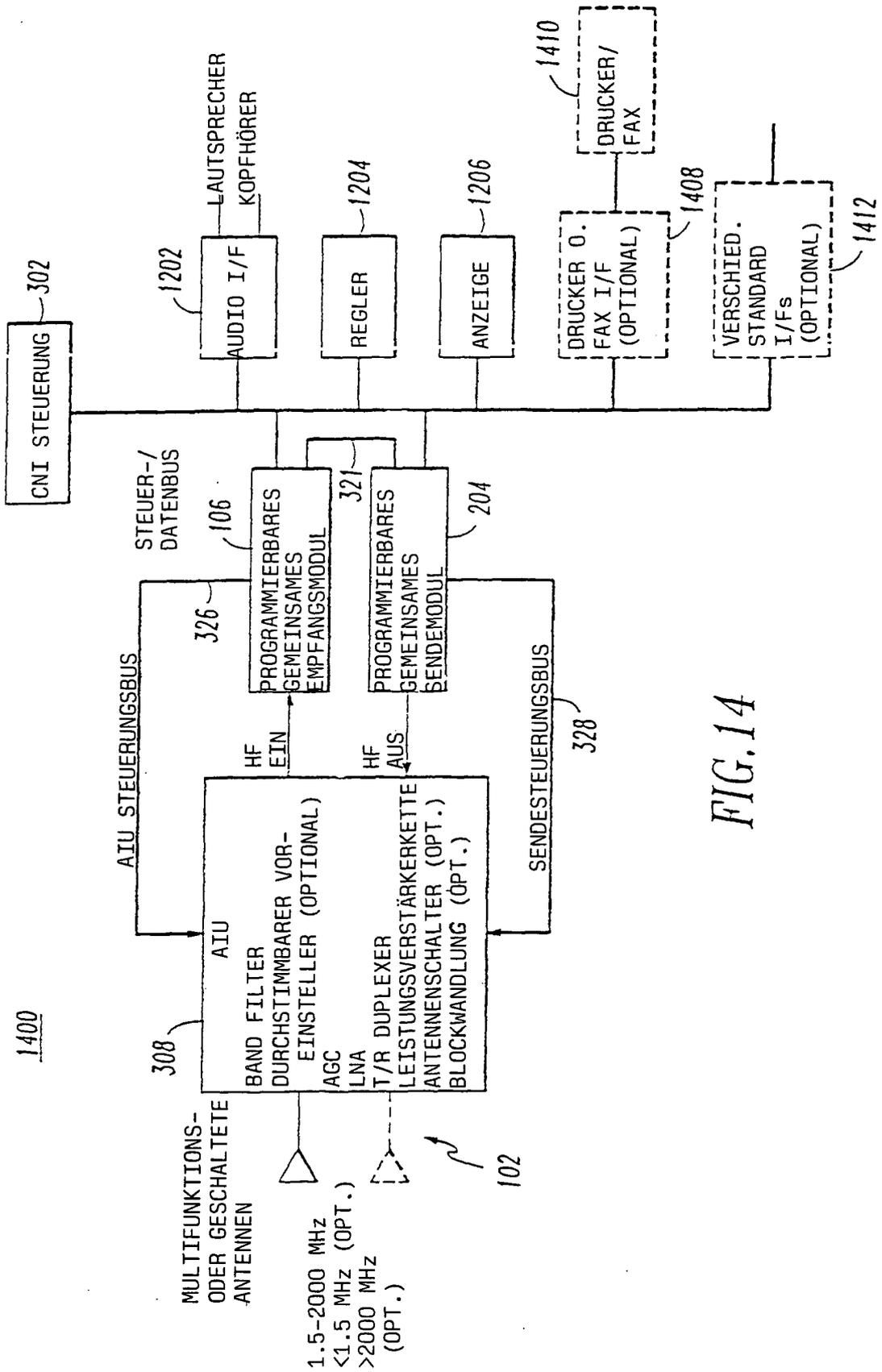


FIG. 14

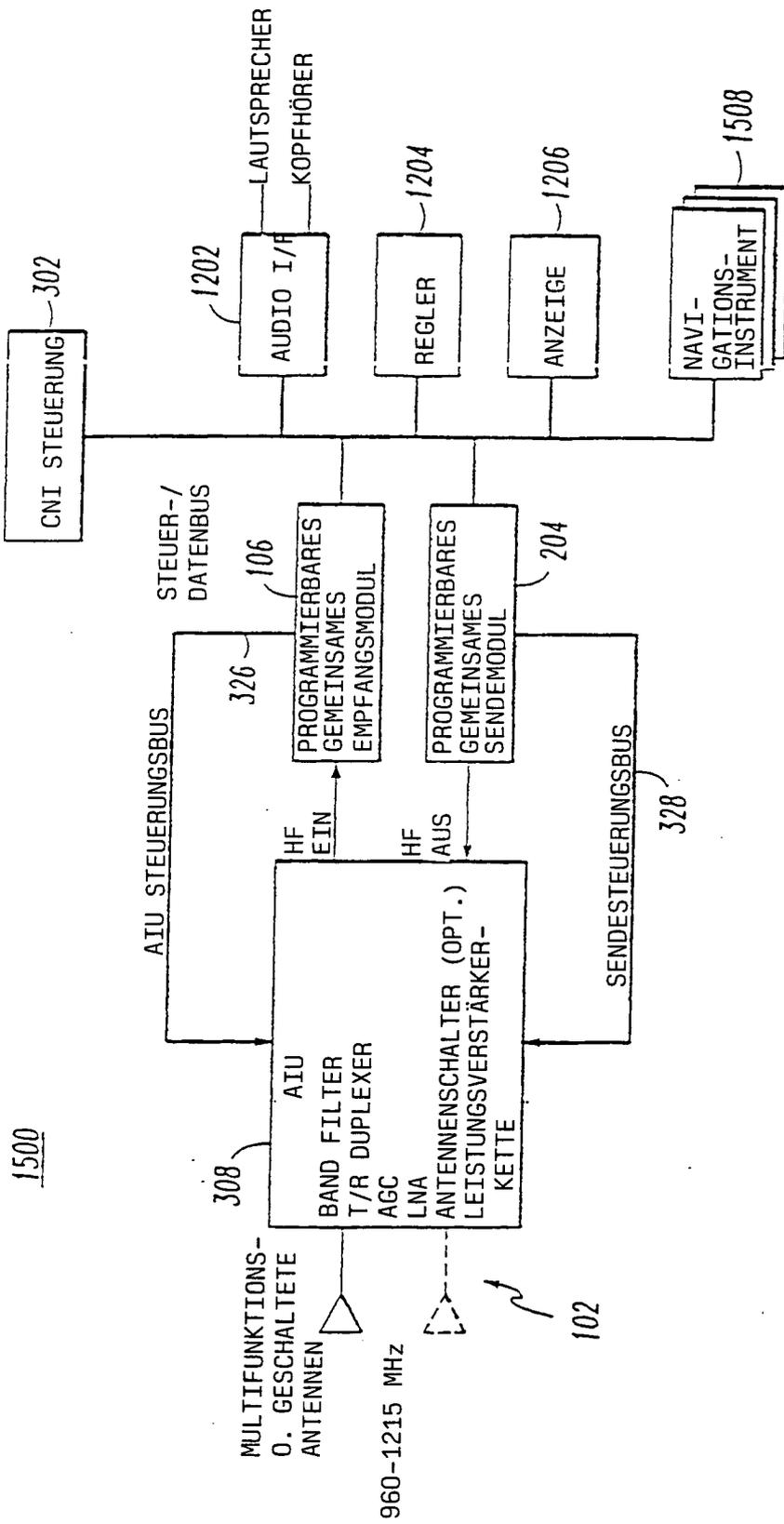


FIG. 15

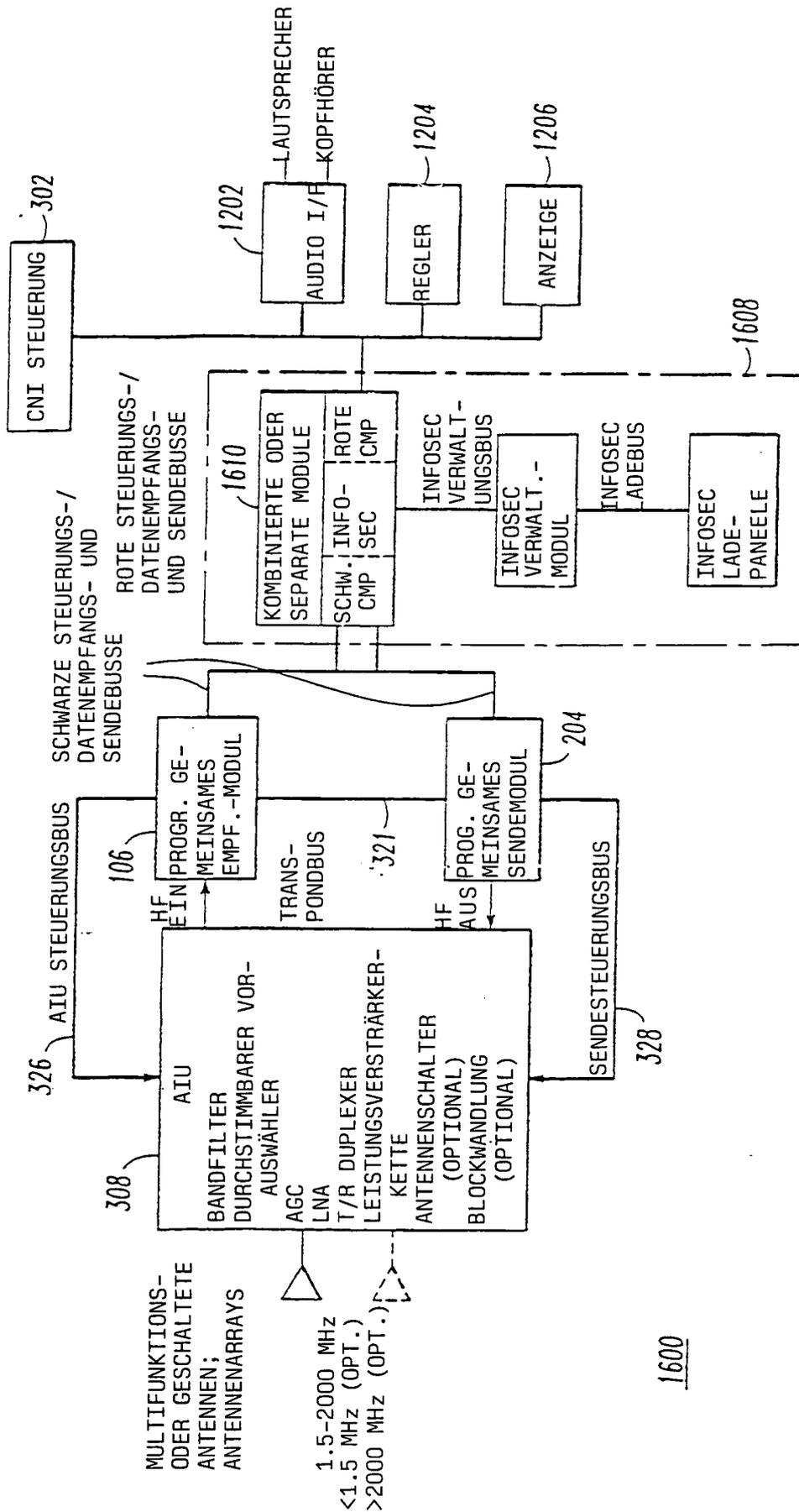


FIG. 16

1600

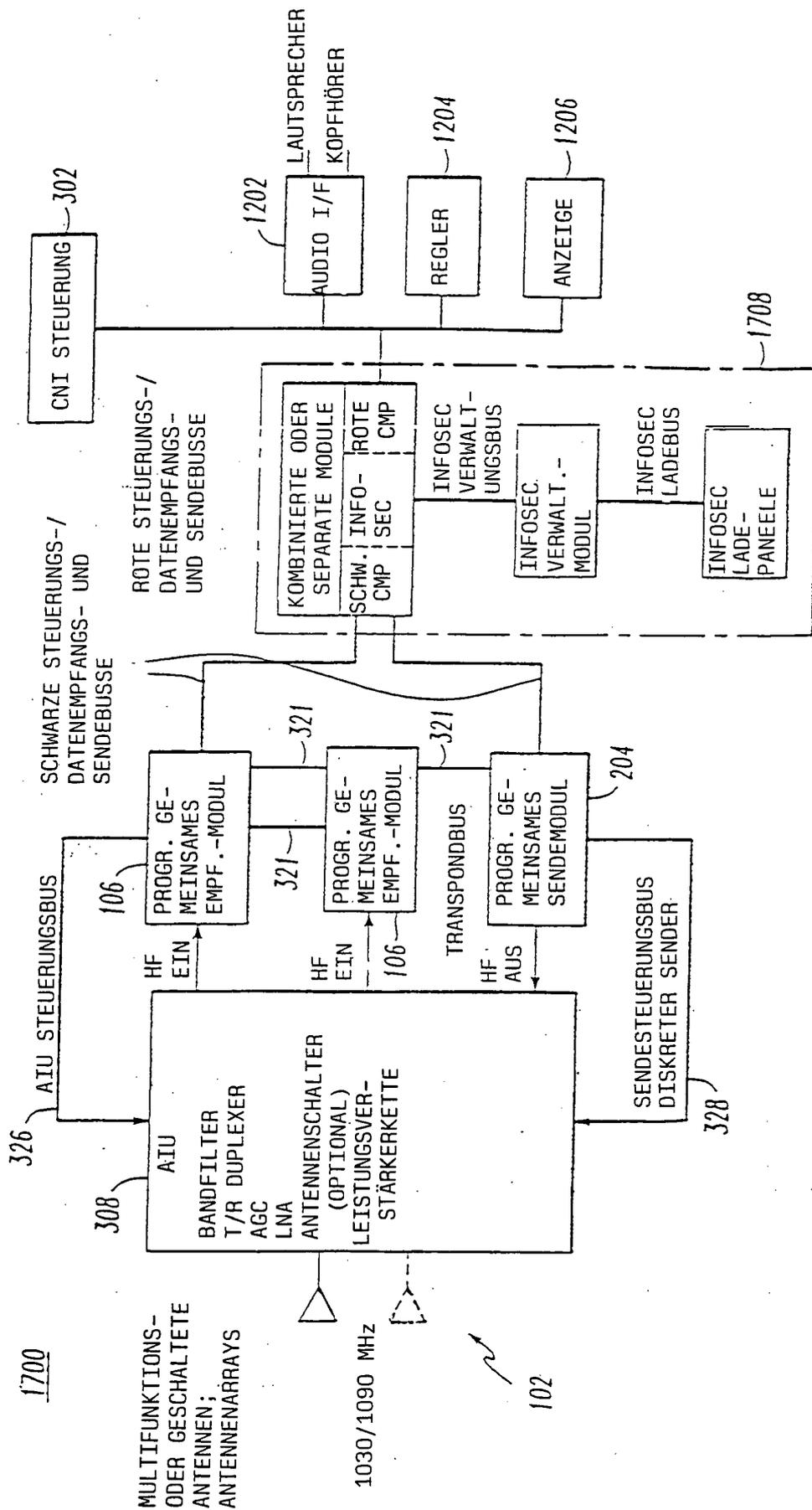


FIG. 17

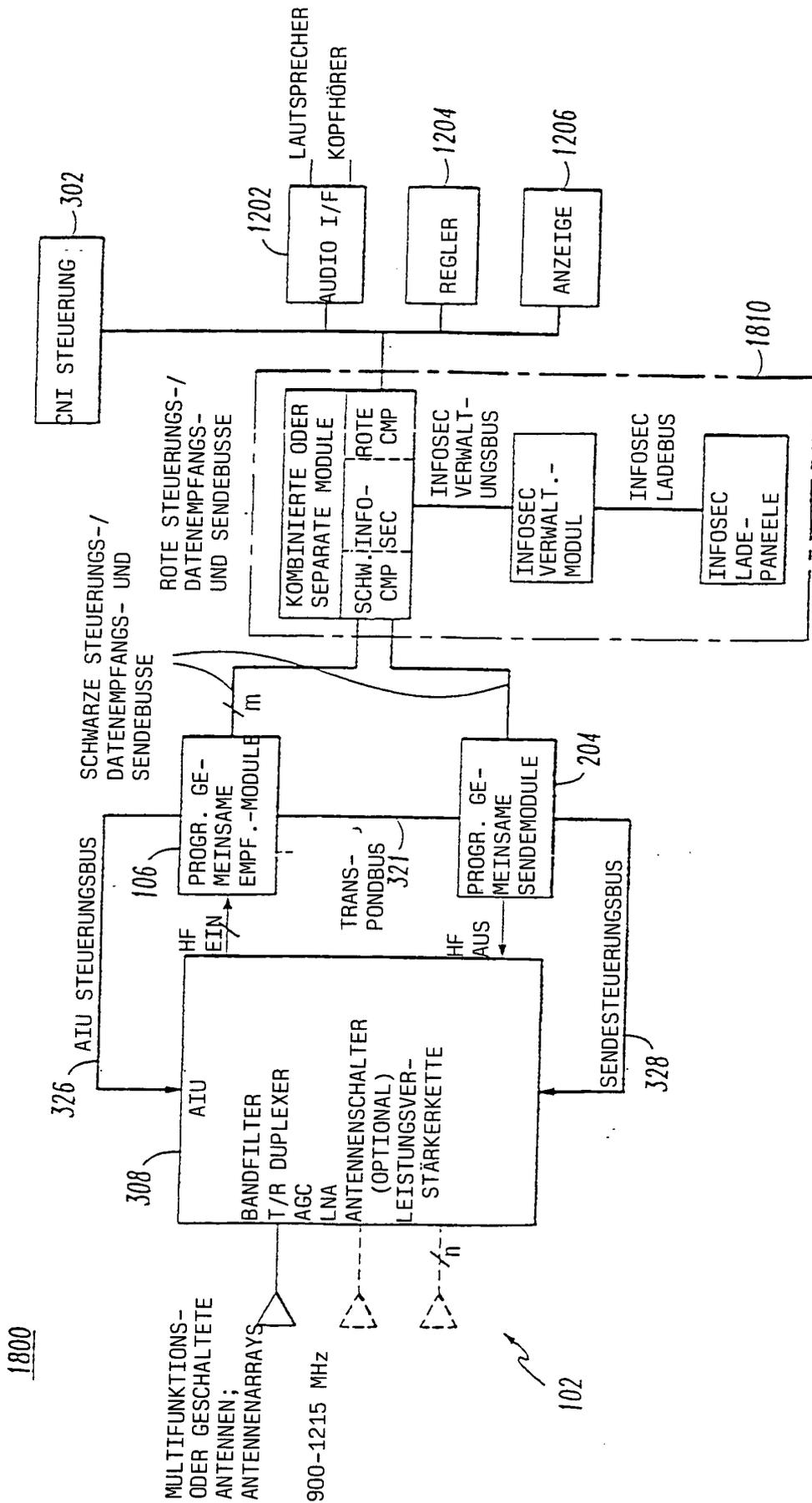


FIG. 18

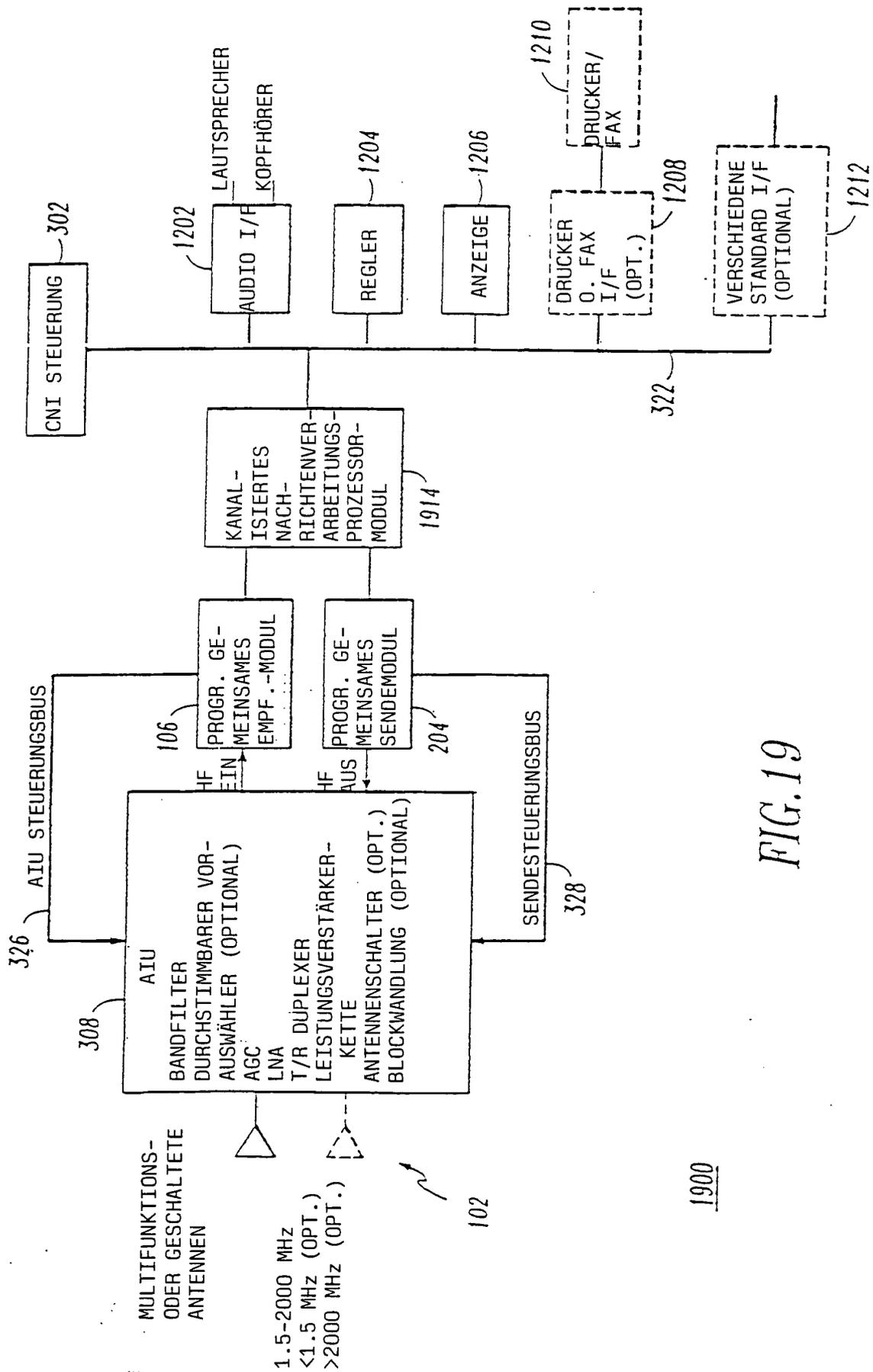


FIG. 19

1900

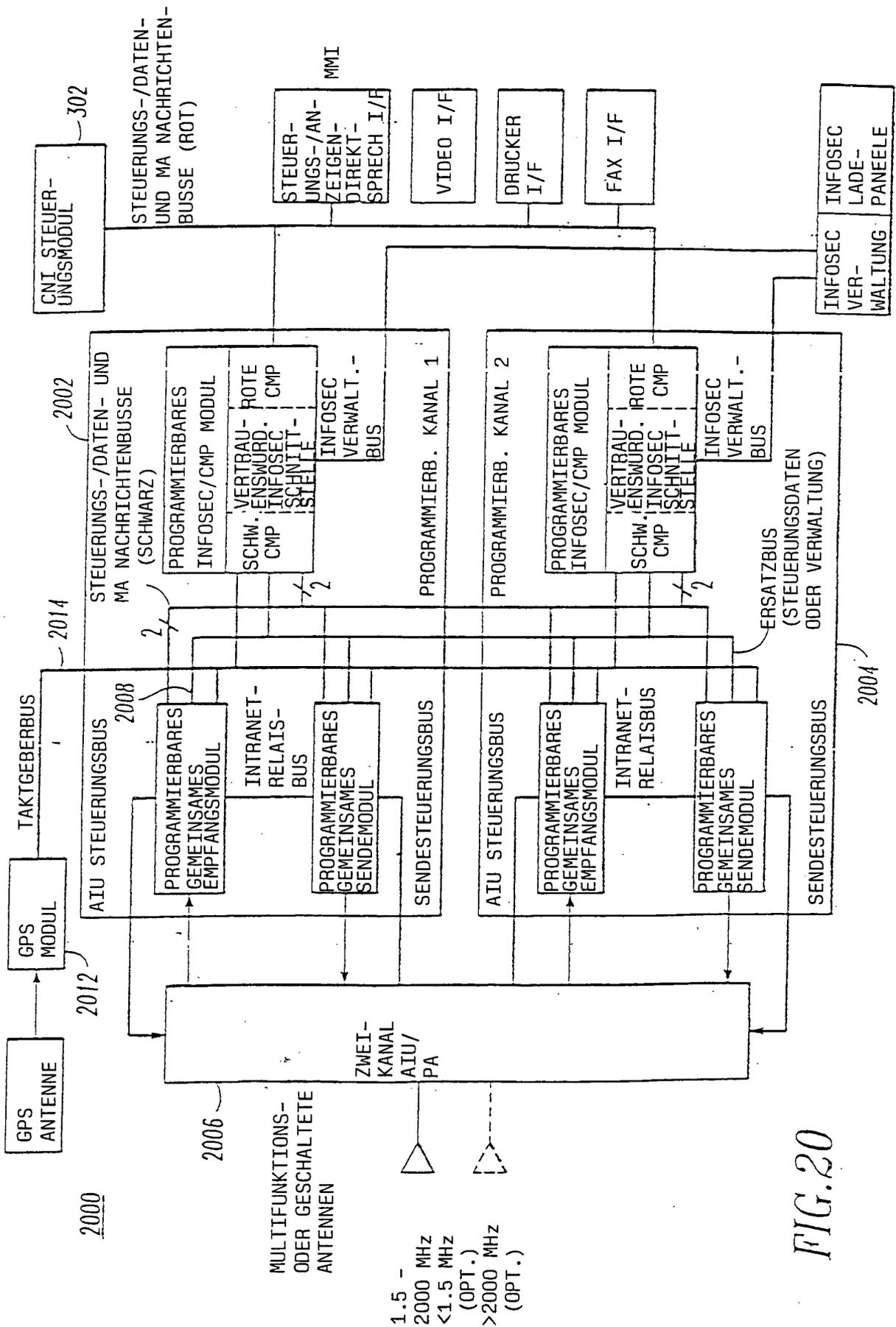
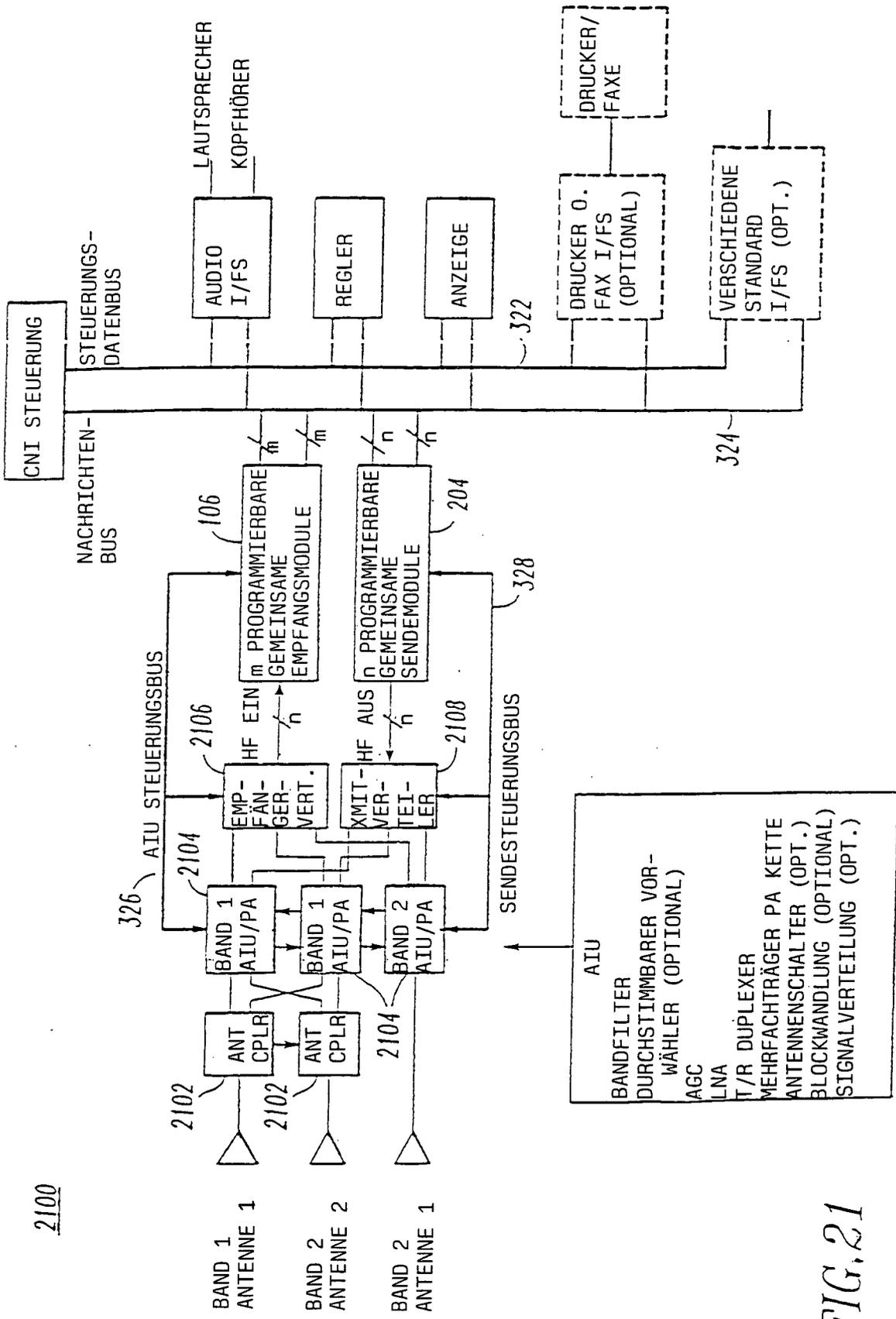


FIG. 20

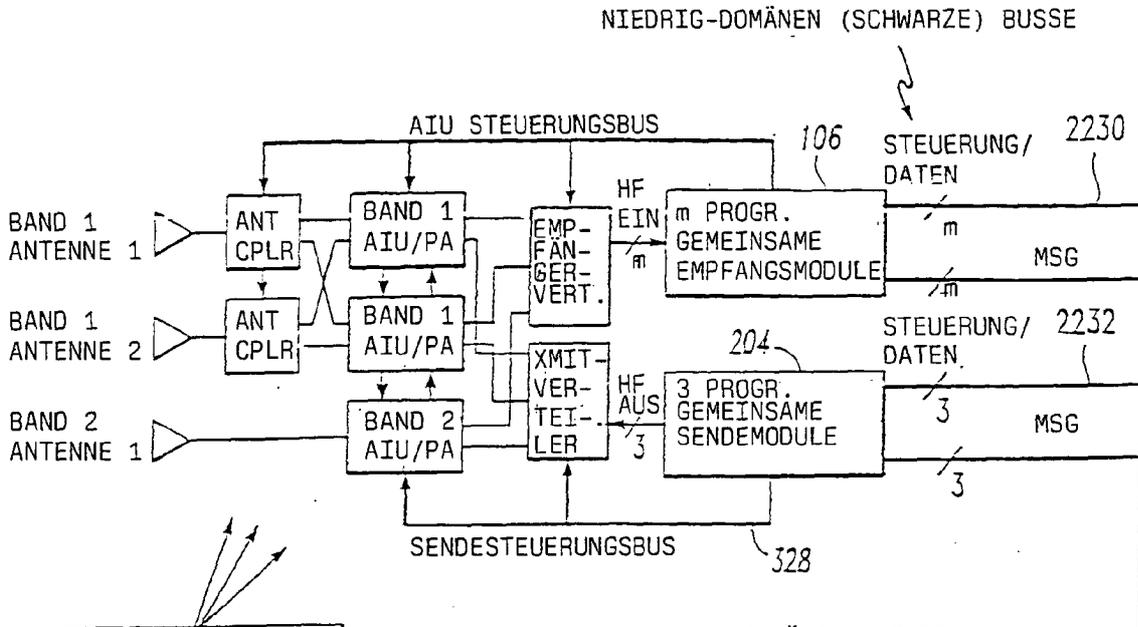
1.5 -
2000 MHZ
<1.5 MHZ
(OPT.)
>2000 MHZ
(OPT.)



2100

FIG. 21

2200



- AIU/PAS
- BANDFILTER
 - DURCHST. VORW. (OPT.)
 - AGC
 - LNA
 - T/R DUPLEXER
 - LEISTUNGSVERSTÄRKER-KETTE
 - ANTENNENSCH. (OPT.)
 - BLOCKWANDLUNG (OPT.)
 - SIGNALUMWANDLUNG (OPTIONAL)

Rx=Tx CMP VERBINDBARKEITSSCHLÜSSEL; 2230
(m=4, M=3; MAX. VERBINDBARKEITSFLEXIBILITÄT)

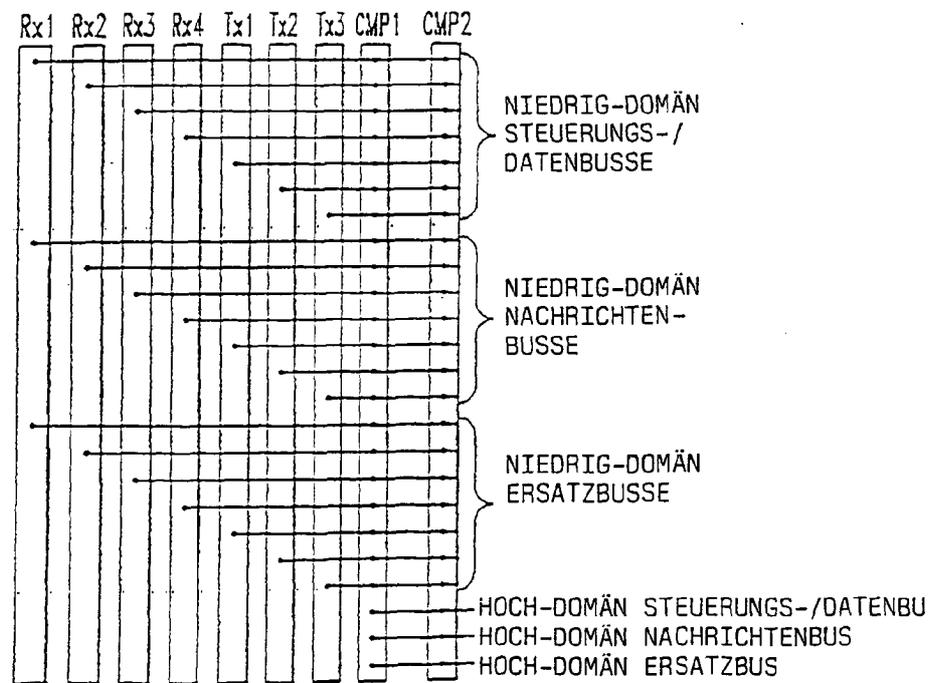


FIG. 22A

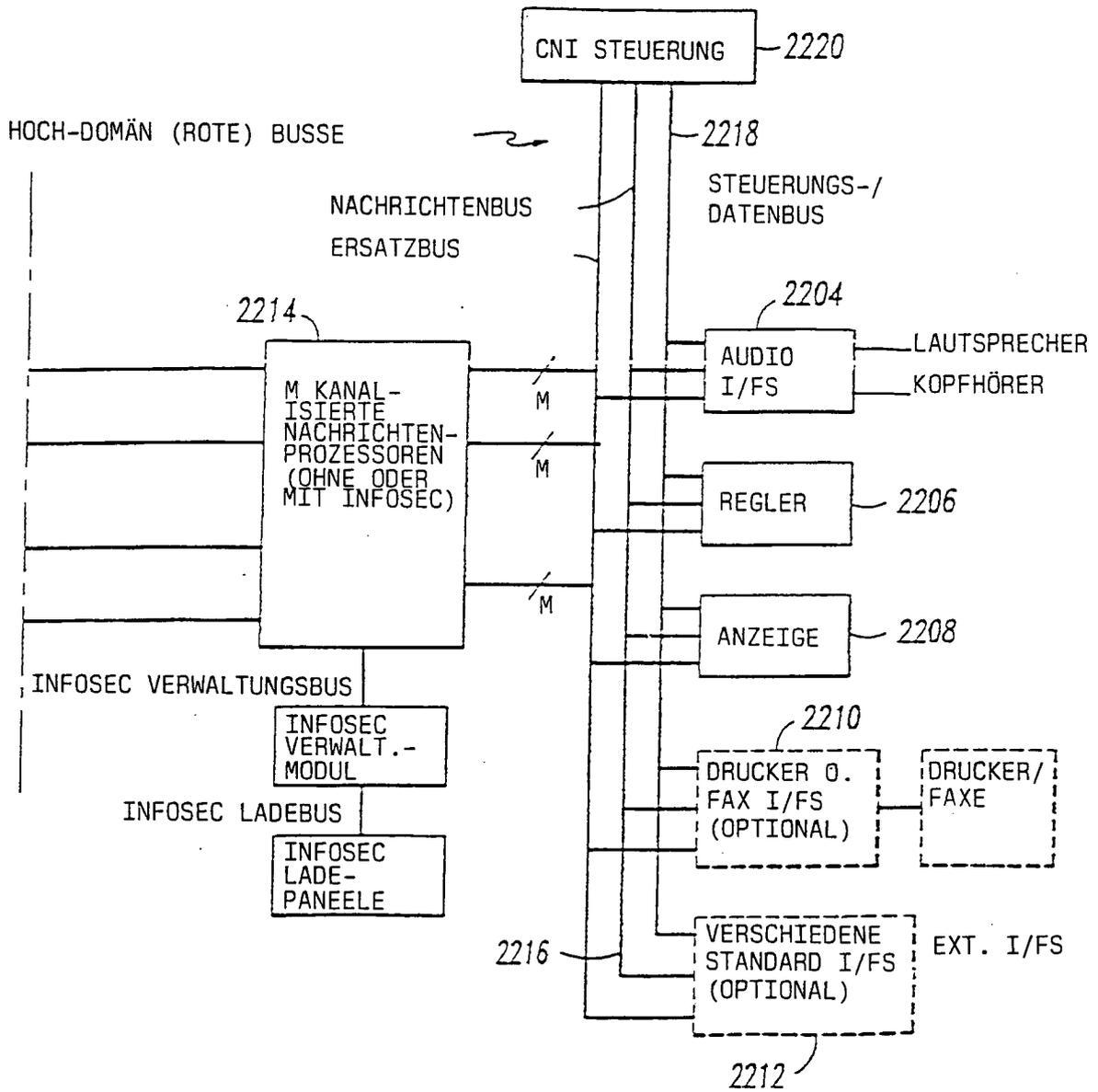


FIG.22B

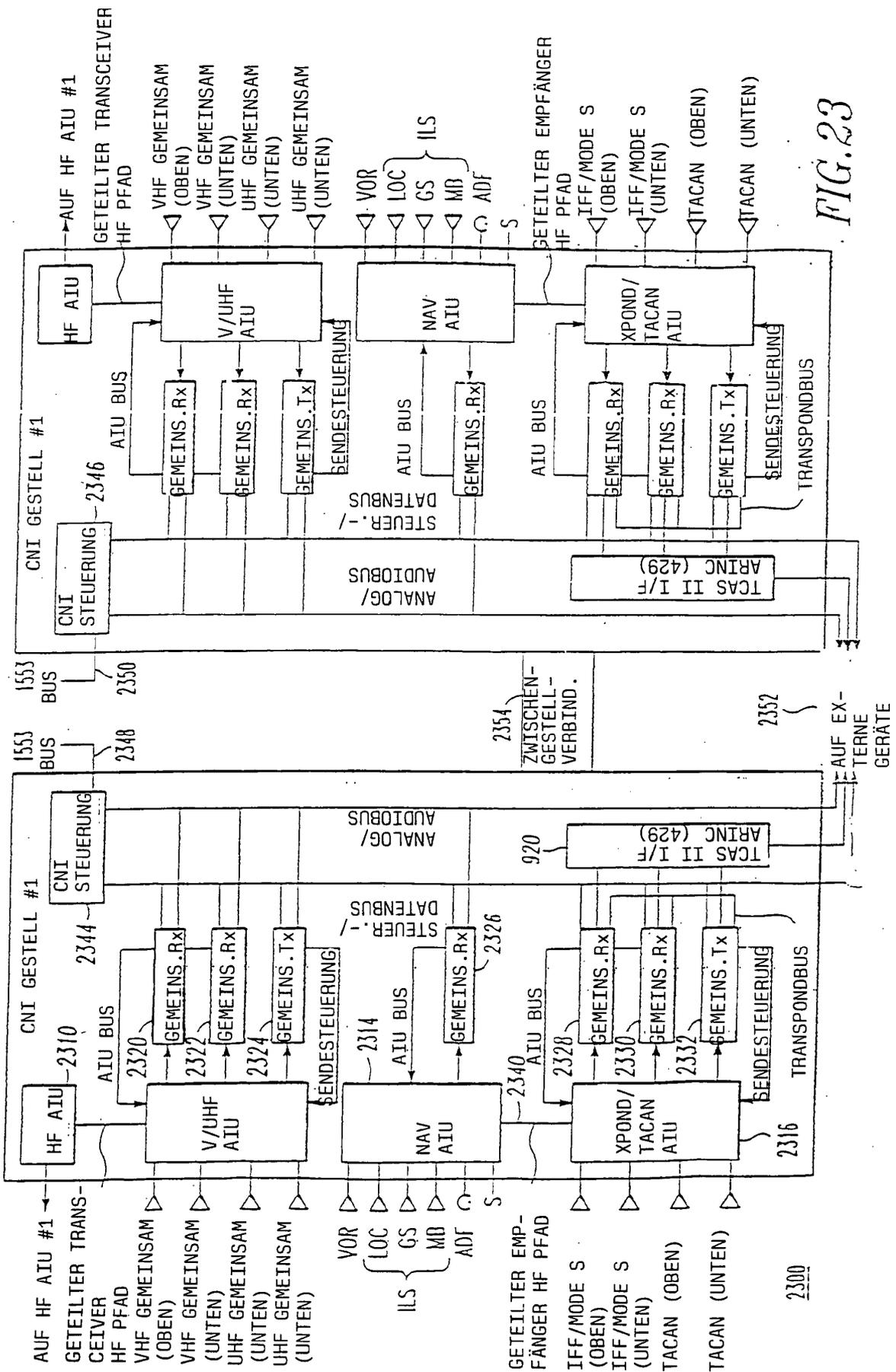


FIG. 23

FIG.25

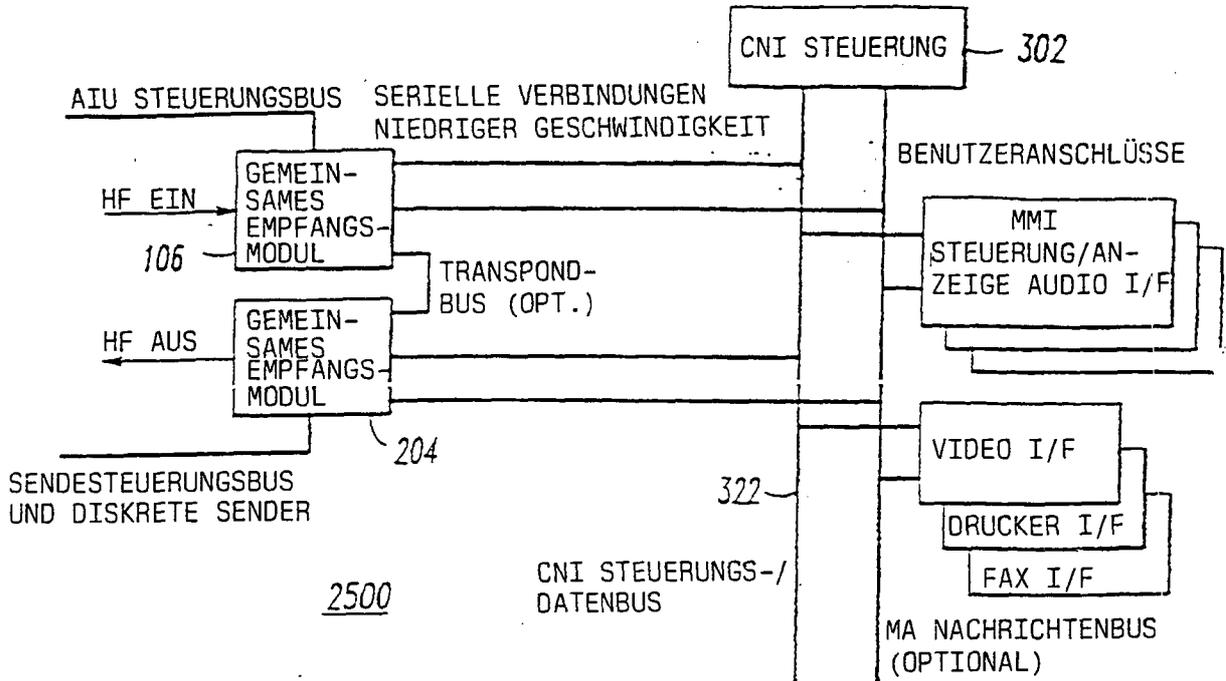


FIG.26

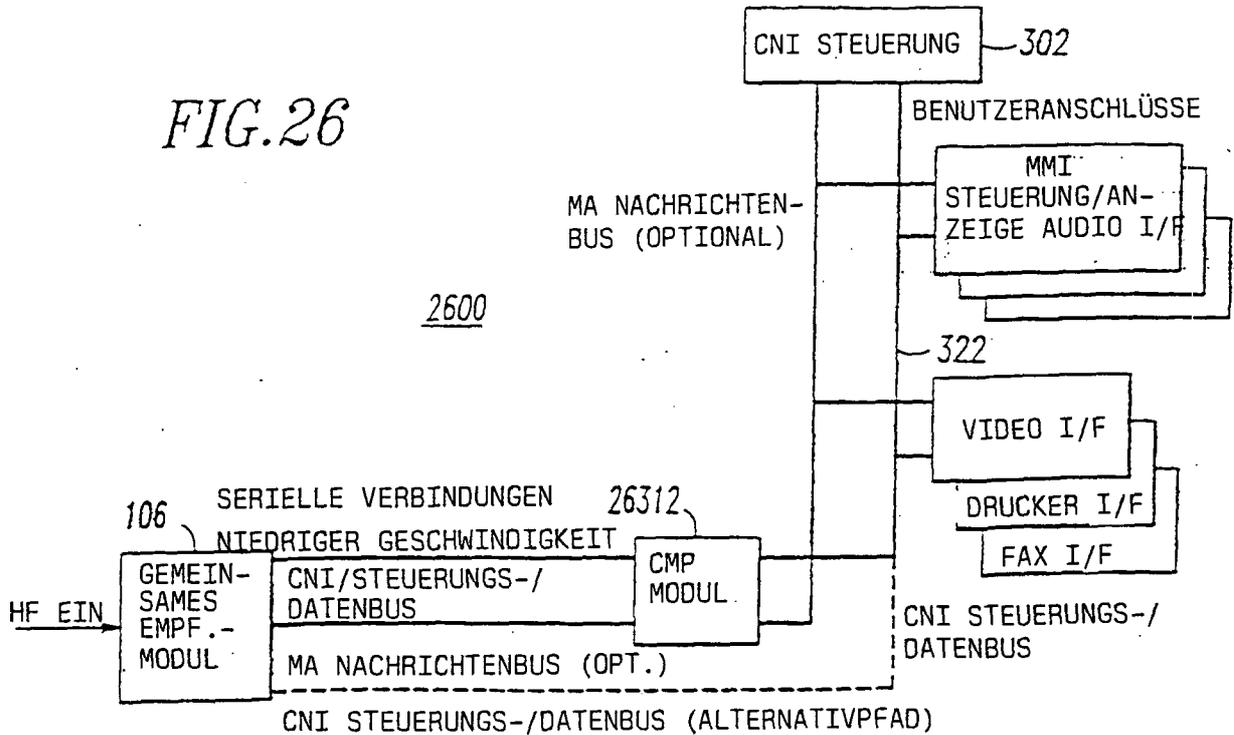


FIG. 28

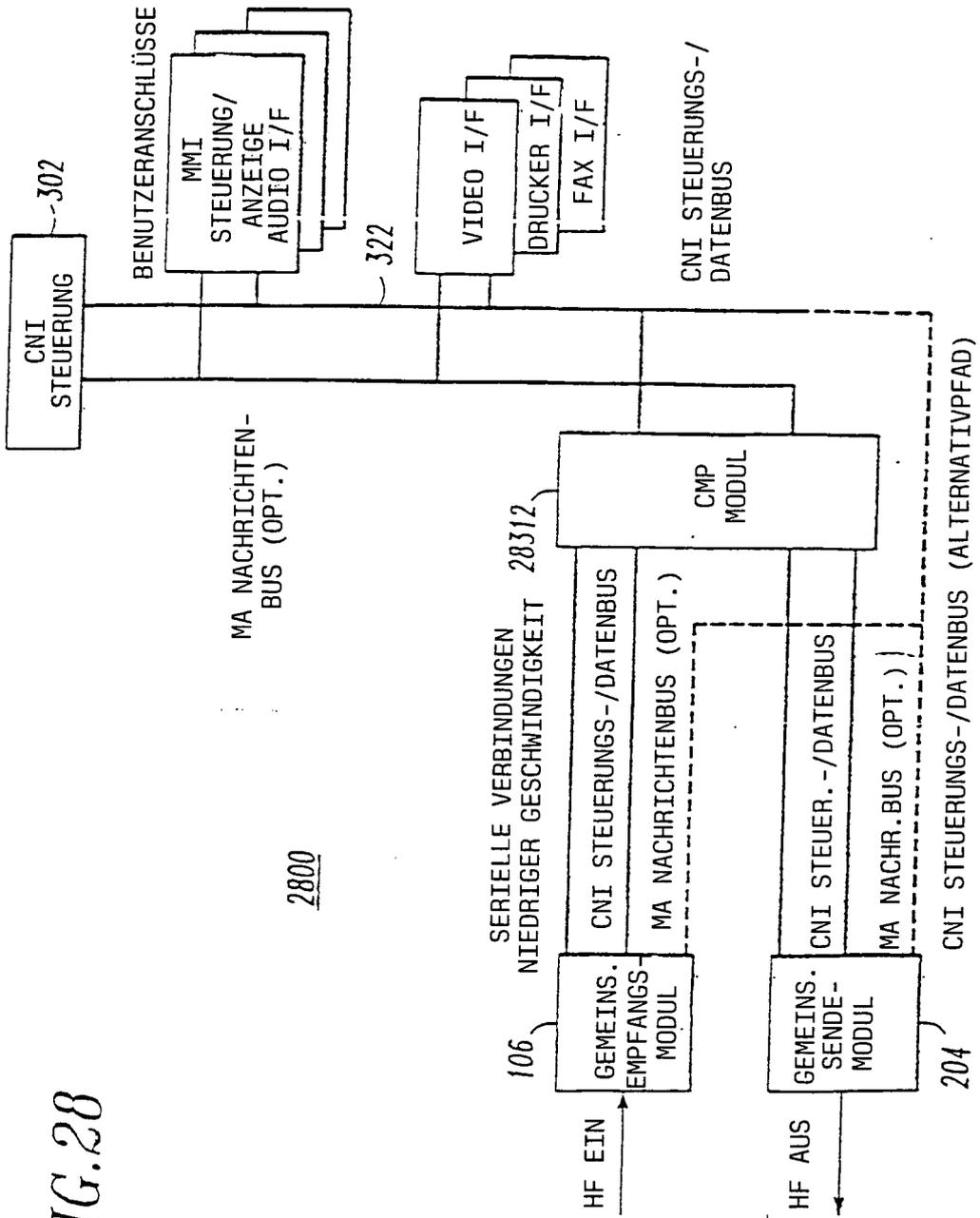


FIG. 29

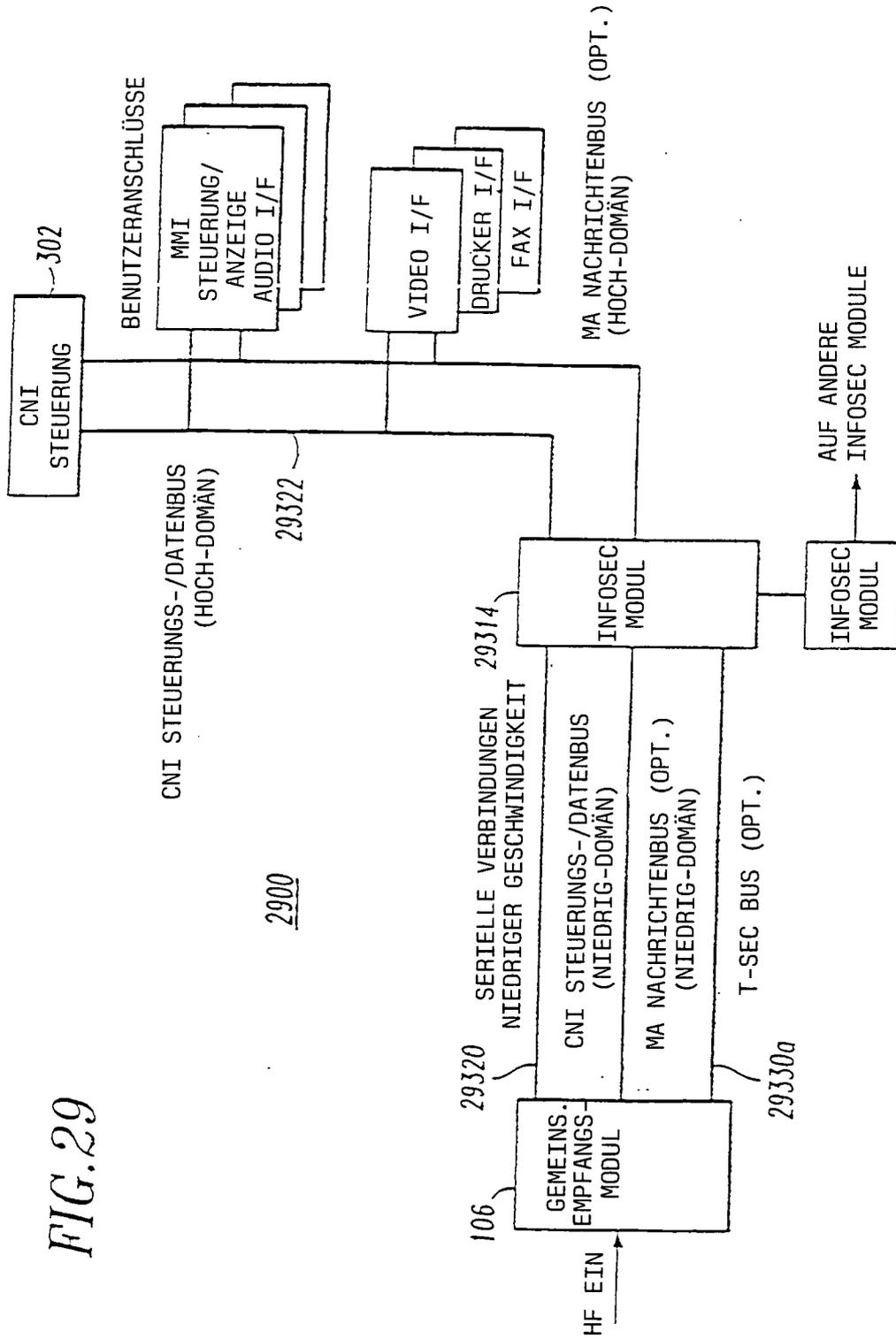


FIG. 30

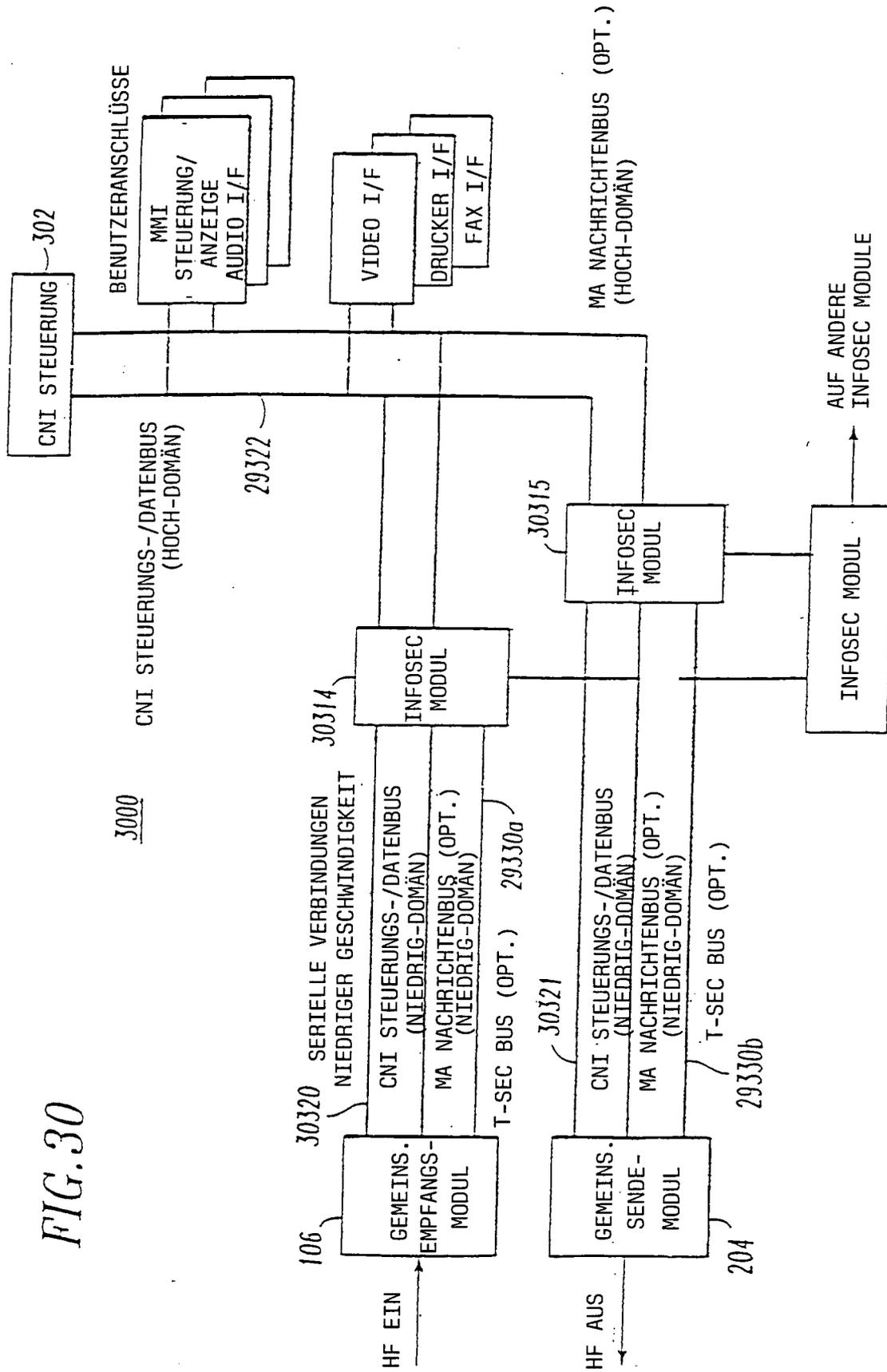


FIG. 31

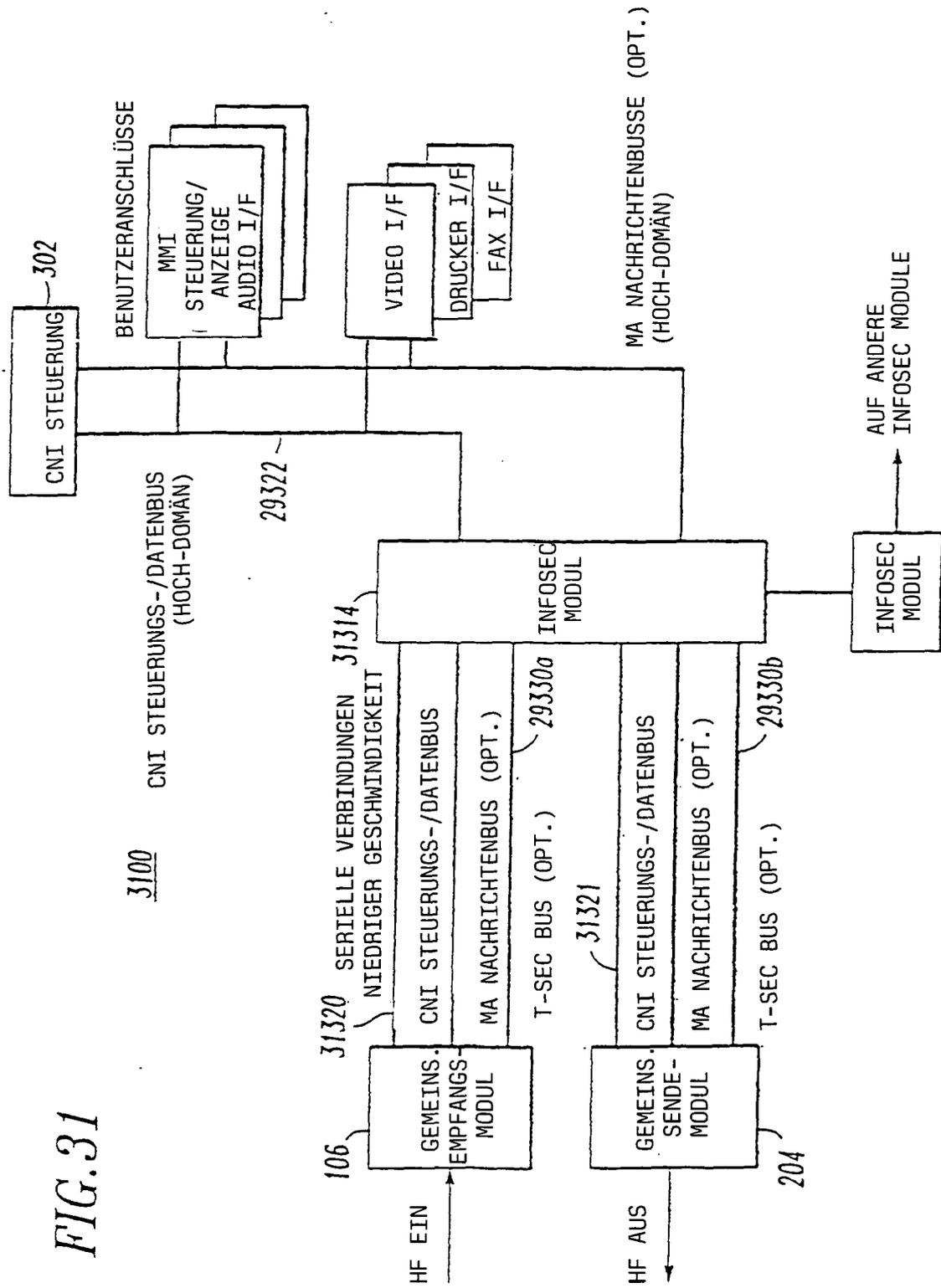


FIG. 32

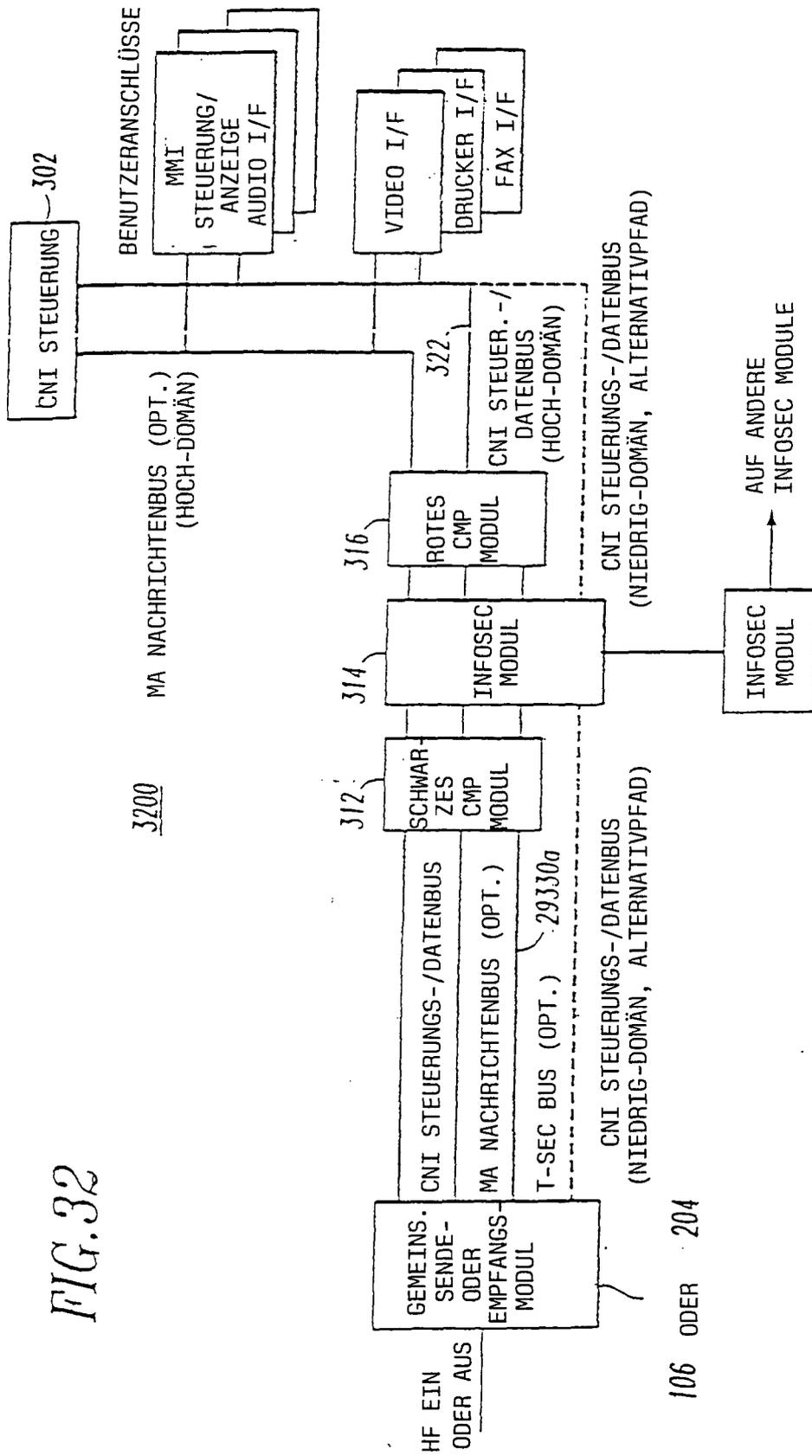
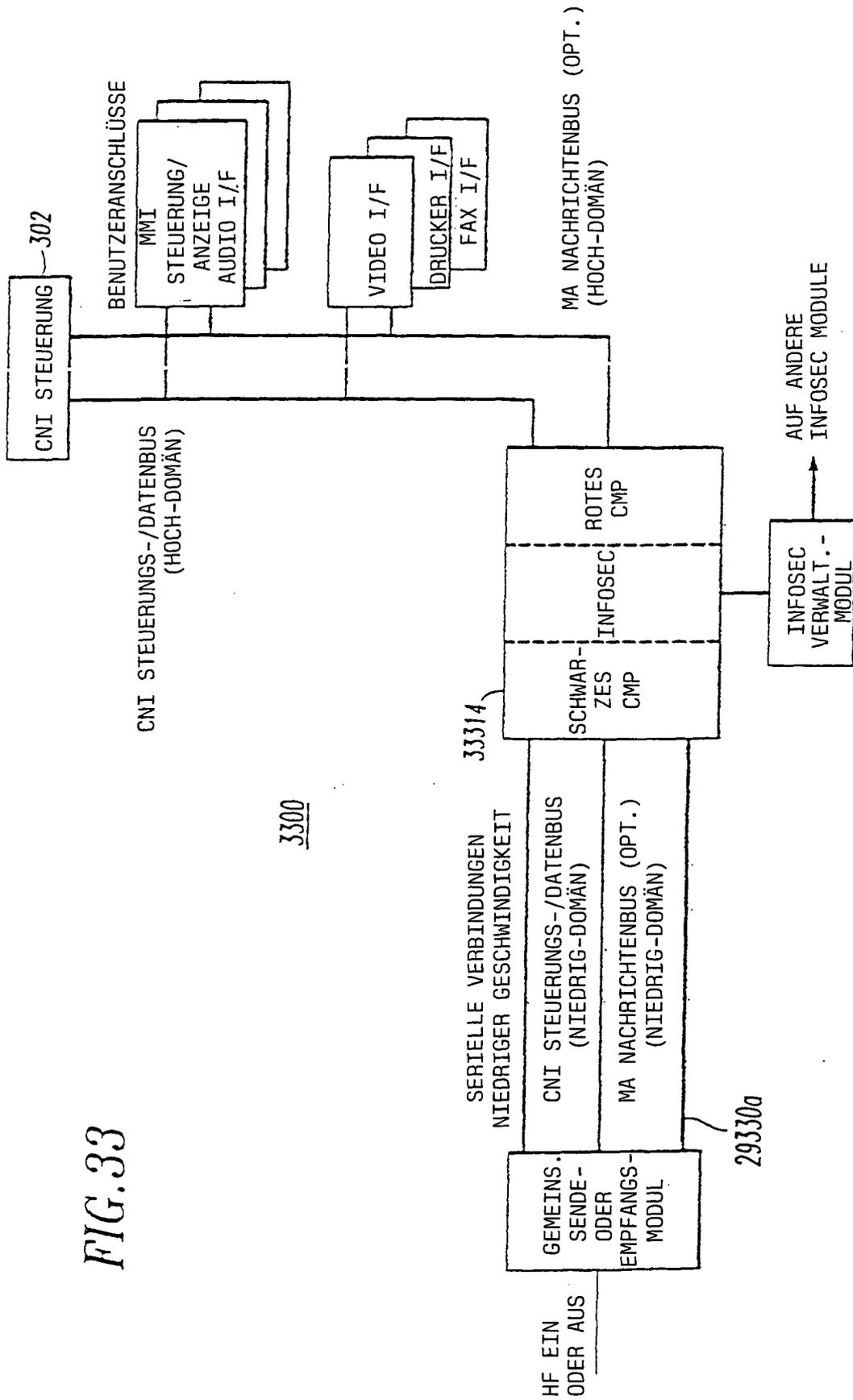


FIG. 33



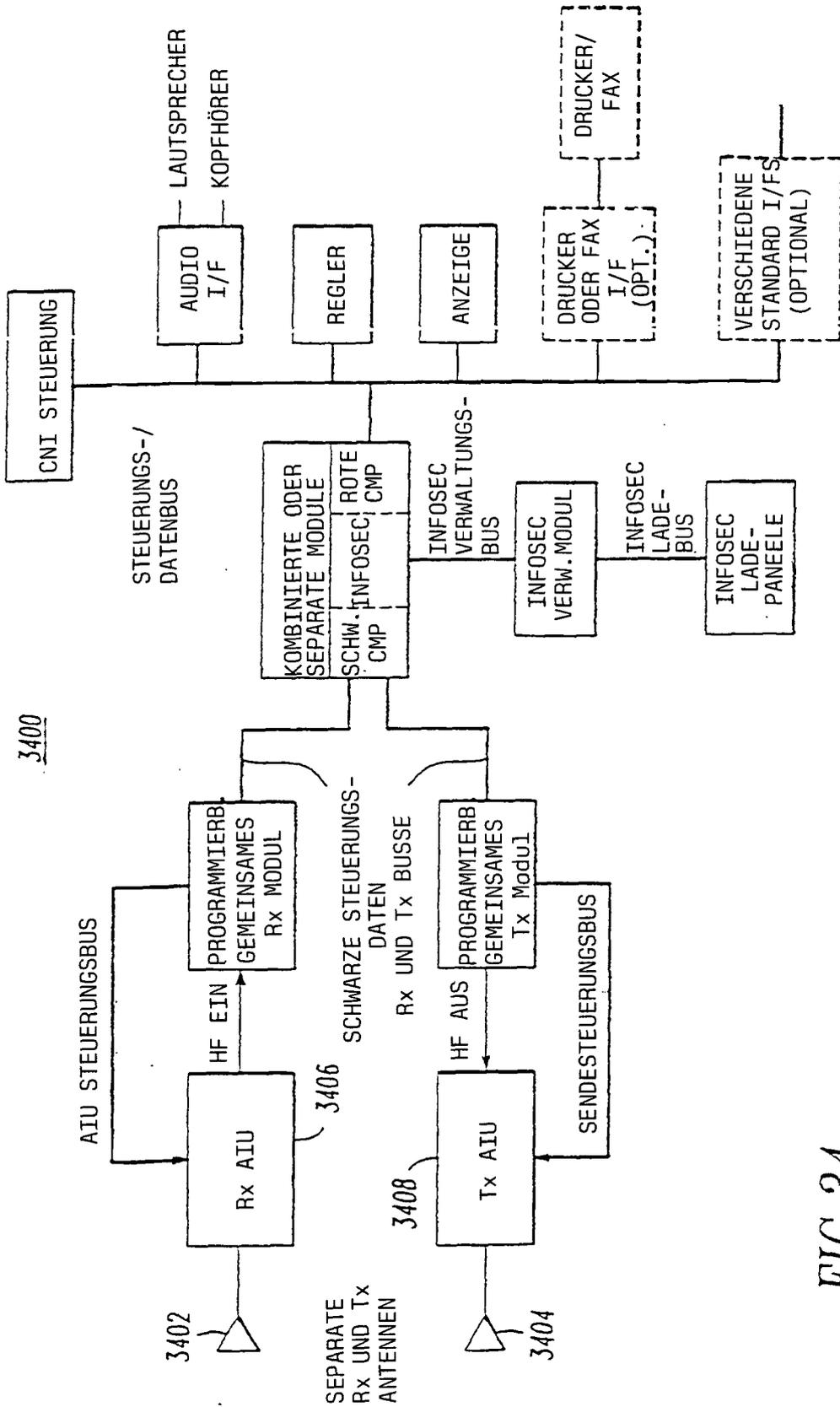
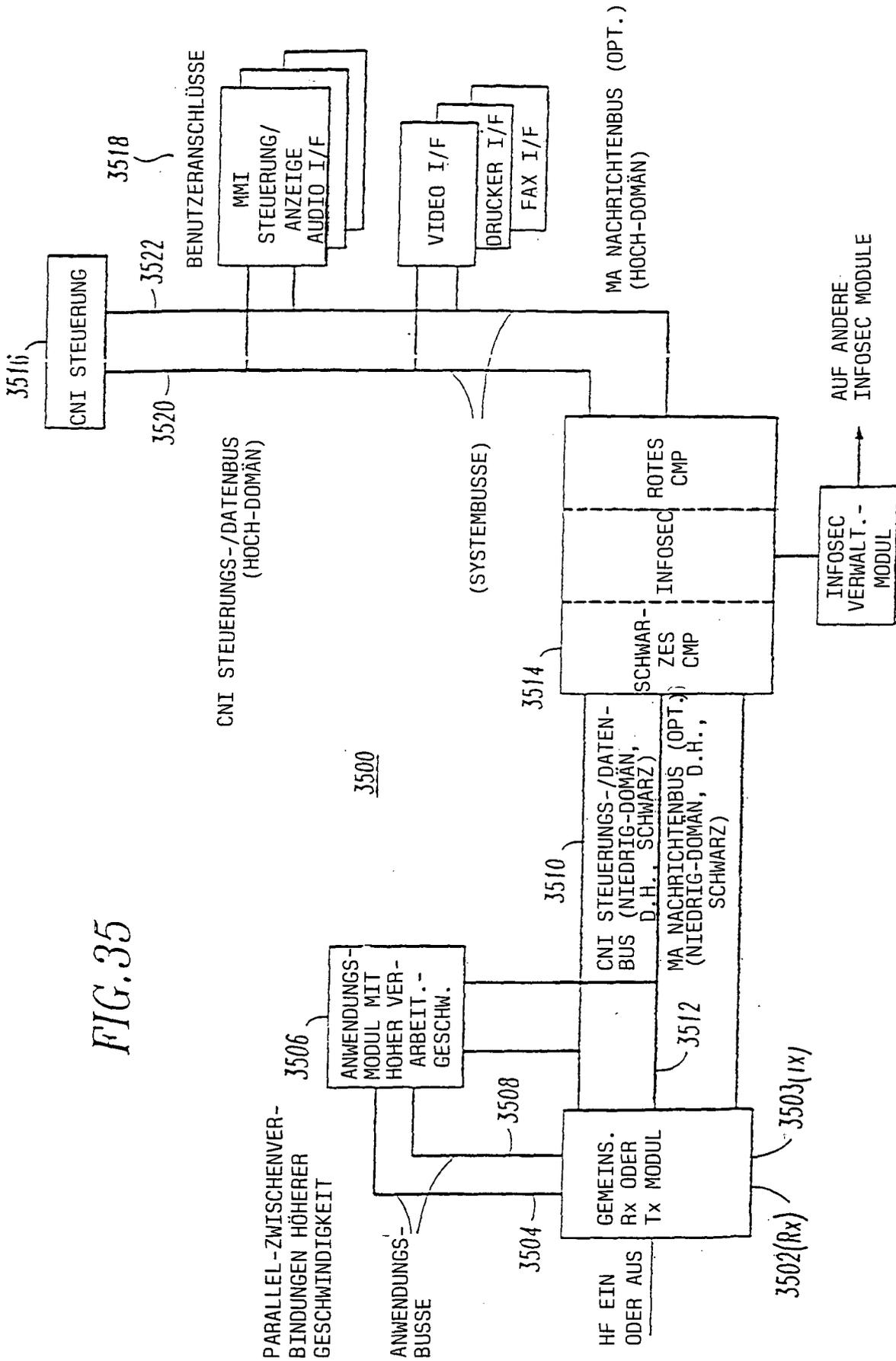


FIG. 34

FIG. 35



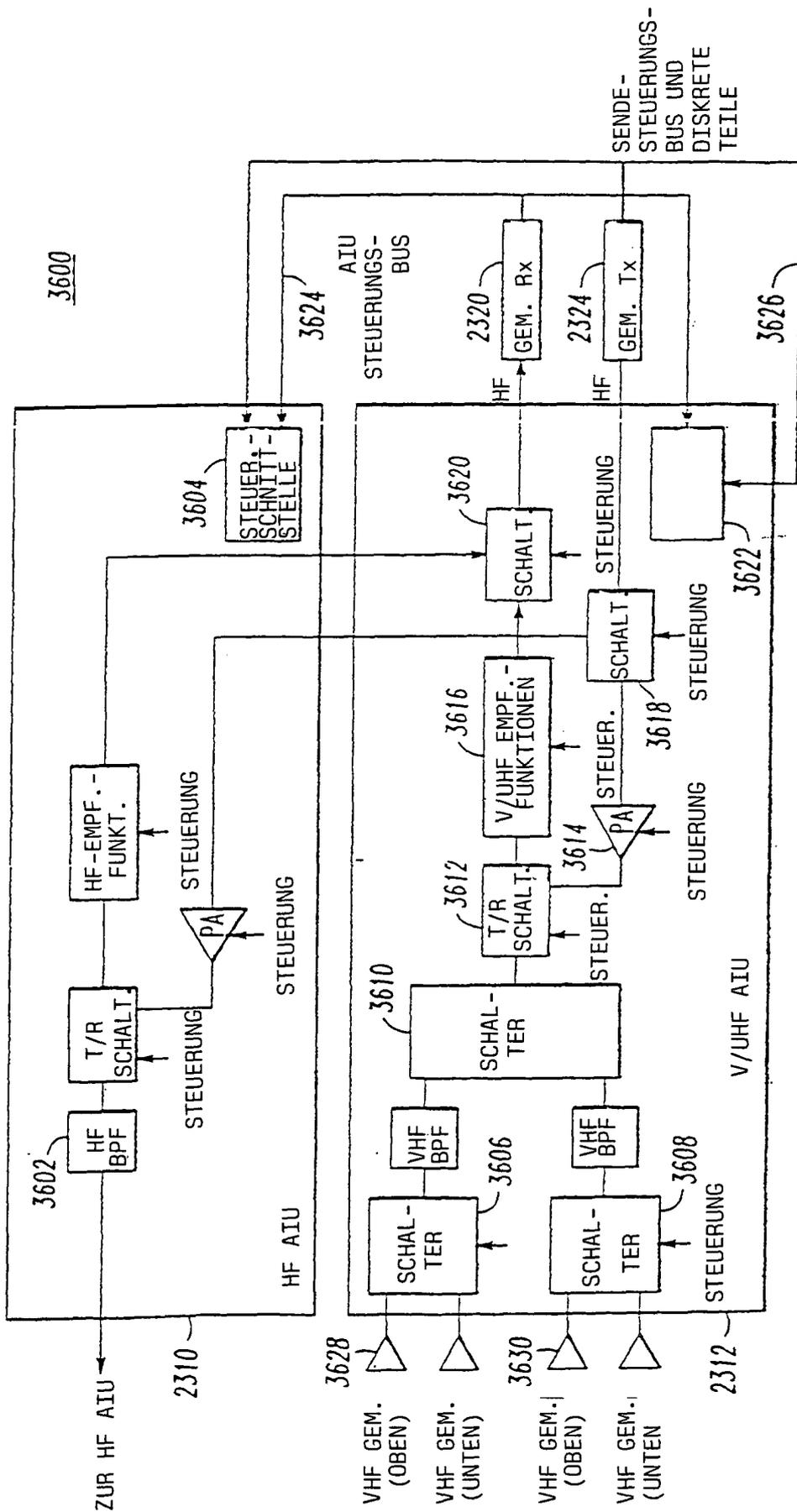


FIG.36

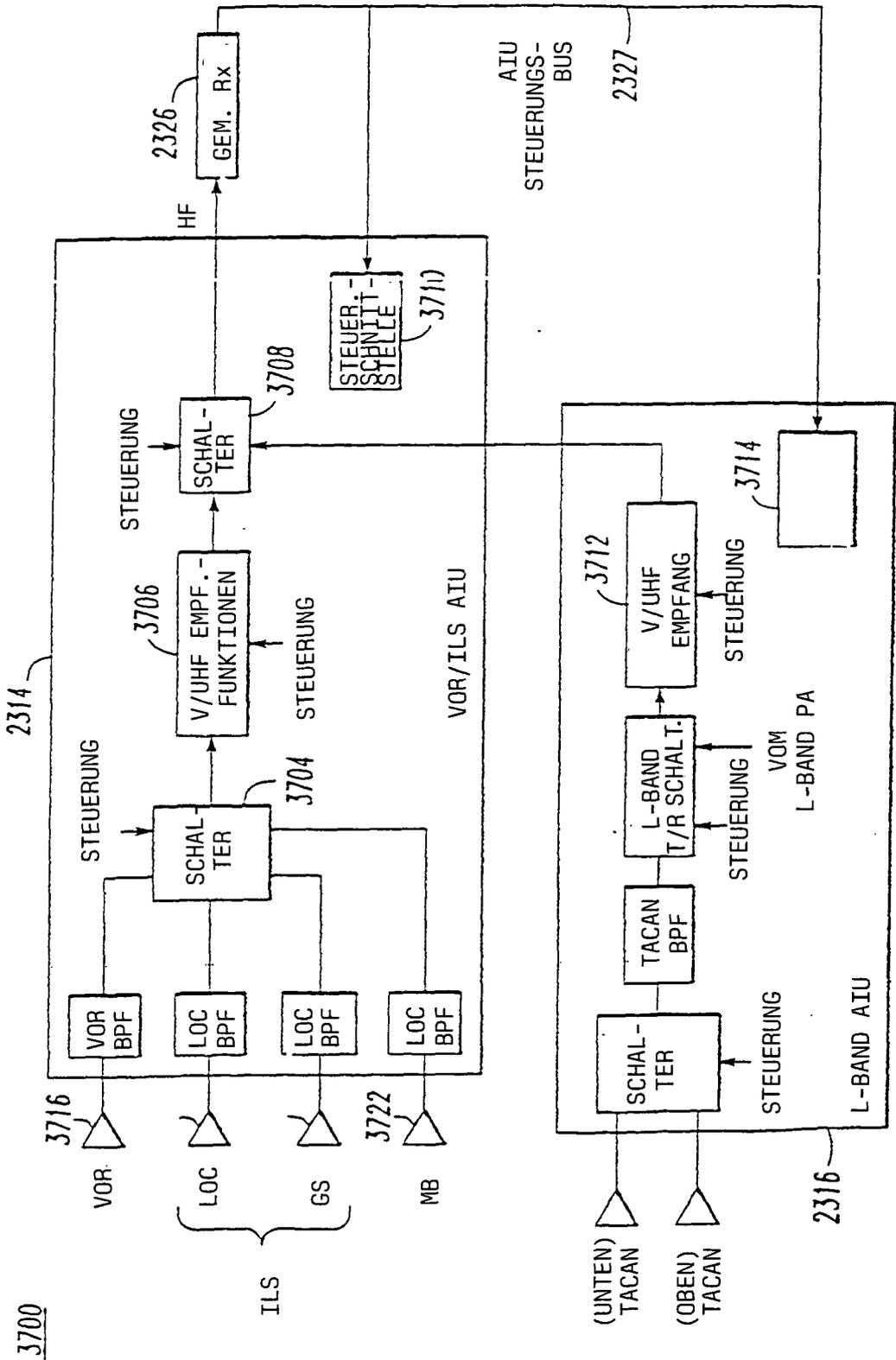
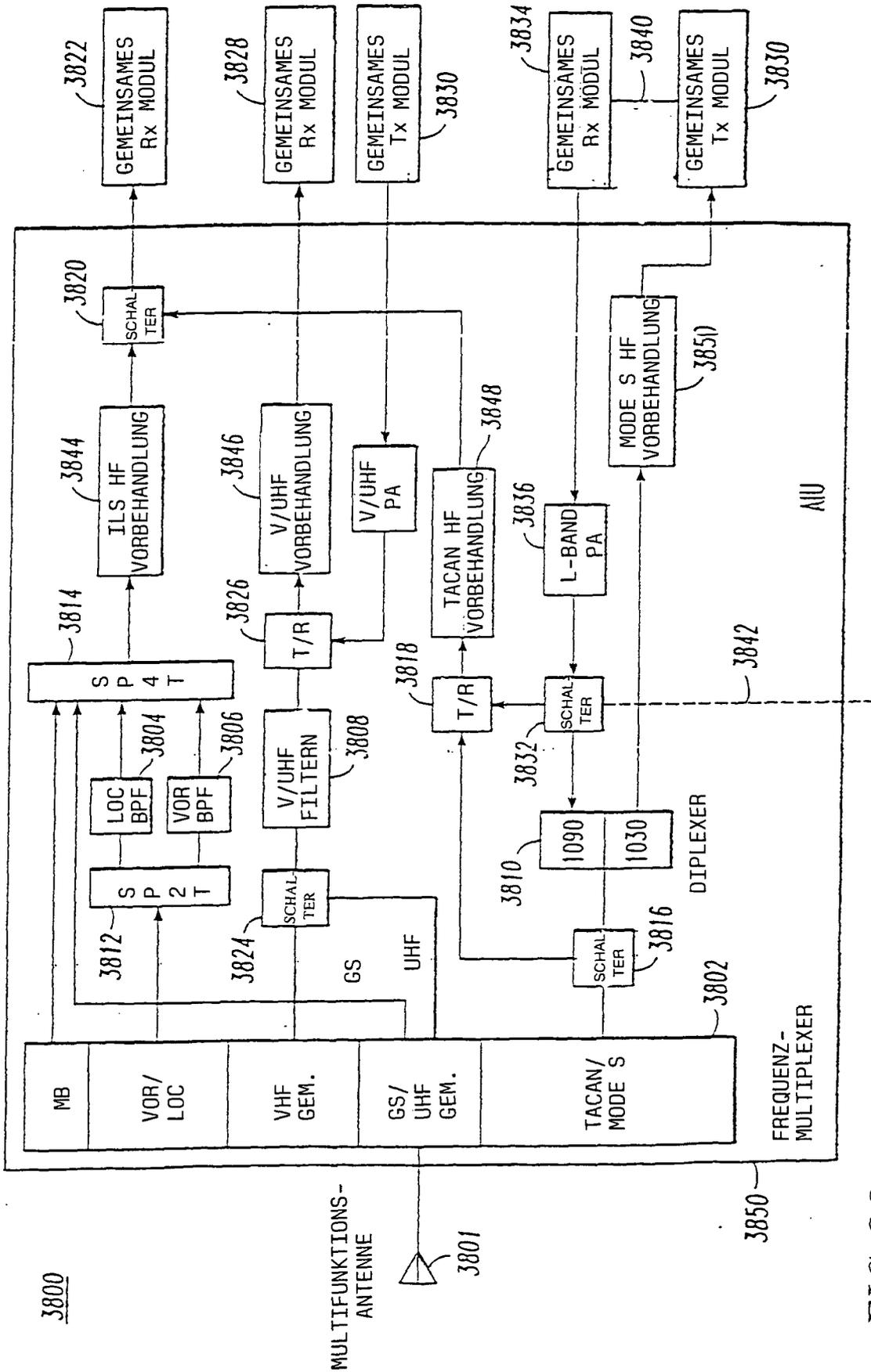


FIG. 37



VON MODE-S-ANTENNE

FIG. 38