



(19) österreichisches
patentamt

(10) **AT 501 351 B1** 2007-02-15

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 618/2003

(51) Int. Cl.⁸: **H04B 7/08** (2006.01)
H01Q 03/26 (2006.01)

(22) Anmeldetag: 2003-04-23

(43) Veröffentlicht am: 2007-02-15

(56) Entgegenhaltungen:

KALIS, A. ET AL. - RELATIVE
DIRECTION DETERMINATION
IN MOBILE COMPUTING NETWORKS -
IEEE INSTRUMENTATION
AND MEASUREMENT, PROCEEDINGS
OF THE 18TH TECHNOLOGY
CONFERENCE, IMTC 2001, VOL. 3.
MAI 2001, SEITEN
1479 BIS 1484
WO 1993/001663A1 US 5592179A
WONG, K.K. ET AL., ADAPTIVE
ANTENNAS AT THE MOBILE
AND BASE STATIONS IN AN
OFDM/TDMA SYSTEM. IEEE
TRANSACTIONS ON
COMMUNICATIONS, JÄNNER 2001,
VOL. 49
NO. 1, SEITEN 195 BIS 206,
ISSN 0090-6778

(73) Patentanmelder:

SIEMENS AG ÖSTERREICH
A-1210 WIEN (AT)

(72) Erfinder:

POHL ALFRED
MISTELBACH (AT)
VEITH PETER
WIEN (AT)
JATSCHKA THOMAS
HARMANNSDORF (AT)
HOFER JÜRGEN
WIEN (AT)
TSCHOFEN ROBERT
WIEN (AT)

(54) **VERFAHREN ZUR ADAPTIVEN ANTENNENRICHTUNGSSTEUERUNG FÜR
FUNKSYSTEME**

(57) Verfahren zur adaptiven Antennenrichtungssteuerung für Funkssysteme mit sequentiellen oder parallelen Mehrfrequenzverfahren, bei welchem zumindest zwei Antennen über eine Richtungssteuereinheit mit einem Sender/Empfänger verbunden sind und die Antennenrichtung über eine an die Steuereinheit gelegte Steuerinformation eingestellt wird, wobei die Messung während der Guard-Zeiten einzelner Zeitschlitze durchgeführt wird.

AT 501 351 B1 2007-02-15

DVR 0078018

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur adaptiven Antennenrichtungssteuerung für Funksysteme mit sequentiellen oder parallelen Mehrfrequenzverfahren, bei welchem zumindest zwei Antennen über eine Richtungssteuereinheit mit einer Sende-/Empfangseinrichtung verbunden sind und die Antennenrichtung über eine an die Steuereinheit gelegte Steuerinformation eingestellt wird.

Übertragungsverfahren, welche eine Anzahl von Frequenzen für eine Verbindung verwenden, gelangen immer häufiger zum Einsatz. Ein Beispiel dafür ist der Bluetooth-Standard, der für geringe Reichweiten („In-house-Kommunikation“) geschaffen wurde, und ein schnelles Frequenzsprungverfahren in einem ISM-Band (2,402 bis 2,480 GHz) verwendet. Die Frequenz springt dabei bis zu 1600 mal in der Sekunde zwischen 79 Einzelfrequenzen. Gemäß einem anderen bekannten Standard (z. B. IEEE802.11 und seinen Abwandlungen) werden z. B. 180 Kanäle in einem ISM-Band (2,4 oder 5,8 GHz) parallel übertragen, d. h. immer in Zeitfenstern, die im ms-Bereich liegen.

Insbesondere in In-house-Anwendungen und in den ISM-Bändern sind die Sendeleistungen sehr gering, z. B. auf 0 dBm beschränkt. Wenn man an die Grenzen der Reichweite geht, steigt die Fehlerhäufigkeit und die angewandten Fehlerkorrekturverfahren, z. B. ARQ („automatic repeat request“) verringern den prinzipiell erreichbaren Datendurchsatz erheblich.

Will man die Reichweite erhöhen und/oder die Fehlerhäufigkeit verringern, ohne die Sendeleistung zu erhöhen, so kann dies über die verwendeten Antennenkonzepte erfolgen. Vor allem bei In-house-Anwendungen ergeben sich in den verwendeten Frequenzbereichen (915 MHz, 2,4 GHz, 5,8 GHz) auf Grund von Reflexionen und Abschattungen stark richtungsabhängige Empfangs- bzw. Übertragungsbedingungen.

Es ist wohl bekannt, zur Verbesserung der Empfangsqualität verschiedene Diversity-Verfahren zu verwenden, wobei z. B. mehrere Antennen mit je zugeordneten Empfängern verwendet werden und die sich ergebenden besten Signale ausgewählt werden. Solche Verfahren sind für viele Anwendungen, wie z. B. das erwähnte Bluetooth-System zu aufwändig.

Weiters ist das sogenannte „Beamsteering“ oder „Beamforming“ bekannt, welches ein Antennenarray verwendet und durch eine geeignete Steuereinheit, z. B. einen Phasenschieber oder eine Schalteranordnung in der Zuleitung zu den Einzelantennen des Arrays, eine Beeinflussung bzw. Änderung der Antennenrichtung ermöglicht, ohne dass eine mechanische Änderung der Einzelantennen erfolgt (Siehe z. B. „Two Decades of Array Signal Processing Research“, H. Krim und M. Viberg in IEEE Signal Processing Magazine, July 1996, 67 bis 94).

Kalis, A. et al. « Relative Direction Determination in Mobile Computing Networks » IEEE Instrumentation and Measurement, Proceedings of the 18th Technology Conference, IMTC 2001, Vol.3.Mai 2001, Seiten 1479 bis 1484 offenbart ein Verfahren, bei welchem das „Radio Direction Finding (RDF)“ gemäß Fig. 1 während einer Anzahl von Präambeln, hier fünf á 16 Symbolen, durchgeführt wird. Fig. 1 bezeichnet diesen Zeitbereich als „RDF-Window“. Es ist somit nicht der Fall, dass eine Messung während der Guard-Zeiten erfolgt, die vor jedweder Datenübertragung liegt.

Auch gemäß dem Dokument WO 93/001663 liegt lediglich ein einziger Empfänger vor, wie z. B. Fig. 2 dieses Dokuments klar zeigt, und auch hier erfolgt die Messung auf logischer, nicht auf physikalischer Ebene. Mit anderen Worten muss auch hier der Empfänger eine Bit-Rahmen-Synchronisation aufweisen und die Messung erfolgt während der Übertragung von Nachrichten.

Die US 5 592 179 zeigt ein sehr großes, offenbar äußerst empfindliches Antennenarray für welches ständig eine optimale Richtung berechnet wird. Es erfolgt keine ständige Messung, sondern es werden nur Korrekturwerte festgestellt, abgespeichert und je nach Frequenz zur Steuerung der Antenne angewendet.

Wong, K. K. et al. Adaptive Antennas at the Mobile and Base Stations in an OFDM/TDMA System. IEEE Transactions on Communications, Jänner 2001, Vol. 49, No. 1, Seiten 195 bis 206, ISSN 0090-6778, beschreibt ein Verfahren zur adaptiven Antennenrichtungssteuerung in einem Funksystem mit parallelen Mehrfrequenzverfahren, insbesondere in einem OFDM/TDMA Übertragungssystem, wobei beim Sender die Gewichte der Antennenrichtungssteuerung für jeden Unterträger gemäß dem zum betragsgrößten Eigenwert korrespondierenden Eigenvektor einer am Empfänger für jeden Unterträger berechneten Kanalübertragungsmatrix bestimmt wird. Dadurch wird sichergestellt, dass der Sender für jeden Unterträger in die Richtung des stärksten Pfades abstrahlt, um den Signal-Störabstand (SINR) zu maximieren.

Da die Berechnung der Antennengewichte für jeden Unterträger einer separaten Eigenwertzerlegung bedarf, ist dieses Bekannte Verfahren zur eigenwertbasierten Strahlformung in einem OFDM Mehrträgersystem höchst rechenintensiv. Es wird daher zur Vereinfachung vorgeschlagen, benachbarte Unterträger in eine Gruppe zusammenzufassen und die optimale Antennenrichtung lediglich für einen repräsentativen Unterträger aus dieser Gruppe zu berechnen und diese auf sämtliche Unterträger dieser Gruppe anzuwenden. Diese Vereinfachung ist zulässig, wenn sich die benachbarten Unterträger und der repräsentative Unterträger innerhalb der Kohärenzbandbreite befinden, vergleiche insbesondere die Abschnitte III und B.

Eine Aufgabe der Erfindung liegt darin, bei Funksystemen, die mit mehreren Frequenzen, insbesondere mit Frequenzsprungverfahren arbeiten, die Übertragungsqualität zu erhöhen, ohne dabei höhere Sendeleistungen zu verwenden.

Diese Aufgabe wird mit einem Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, bei welchem erfindungsgemäß die Messung während der Guard-Zeiten einzelner Zeitschlitzes mit Hilfe zumindest zweier HF-Teile, welchen ein gemeinsamer Basisbandteil zugeordnet ist, gleichzeitig für unterschiedliche Antennenrichtungen durchgeführt wird.

Dank der Erfindung lässt sich beispielsweise bei gleicher Fehlersicherheit und Sendeleistung bei Bluetooth-Systemen und ähnlichem eine erhebliche Reichweitenerhöhung erreichen, so etwa bei Verwendung von nur zwei Antennen eine Verdoppelung der Reichweite. Dabei macht sich die Erfindung die bekannte Tatsache zunutze, dass eine Funkübertragung innerhalb kurzer Zeitintervalle zwischen Empfänger und Sender als reziprok angenommen werden kann. Ein weiterer, sich durch das Beamsteering ergebender Vorteil ist darin zu sehen, dass andere Verbindungen weniger gestört werden, da die Antennen in die Vorzugsrichtung senden, aus der ein empfangenes Signal empfangen wurde.

Zu dem Zeitpunkt, zu dem gemäß dem oben genannten Dokument "Kalis" mit einer Messung begonnen wird, ist gemäß der Erfindung bereits eine Richtung als bevorzugt ausgewählt worden. Der Vorteil der Erfindung liegt gerade darin, dass vor einer Nachrichtenübertragung bereits eine, in einfachen Fällen von zwei, Antennenrichtungen festgelegt wird.

Im Gegensatz zu dem Verfahren nach "Kalis" arbeitet die Erfindung mit zumindest zwei HF-Teilen, welche gleichzeitig für je eine Antennenrichtung eine Messung durchführen.

Bei einer zweckmäßigen Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Gesamtzahl der Frequenzen in Gruppen unterteilt wird, durch Messung in dem Empfangsteil für jede Frequenzgruppe ein Qualitätswert, z. B. die Feldstärke, für eine Anzahl von Antennenrichtungen gemessen und diese Qualitätswerte in einer Bewertungstabelle abgespeichert werden und auf Basis der Bewertungstabelle die optimale Antennenrichtung für jede Frequenzgruppe eingestellt wird. Durch die Zusammenfassung mehrerer Frequenzen zu Gruppen muss die Messung zur Einstellung des Beamsteering nicht für jede Frequenz durchgeführt werden, wodurch Messzeit gespart wird.

Günstig kann es weiters sein, wenn die Phase einlangender Hochfrequenzsignale gemessen

und diese Information als Steuerinformation der Richtungssteuereinheit, die als gesteuerter Phasenschieber ausgebildet ist, zugeführt wird.

Eine Variante sieht vor, dass ein Steuersignal für die Richtungssteuereinheit zur Einstellung auf unterschiedliche Antennenausrichtungen durchgestimmt wird, bei jeder Einstellung die Empfangsqualität gemessen und sodann über ein Steuersignal die Antennenrichtung für beste Empfangsqualität eingestellt wird. Dieses „Durchstimmen“ kann digital, also schrittweise, oder auch analog, z. B. mit Hilfe einer Rampenfunktion erfolgen.

Die Erfindung samt weiterer Vorteile ist im folgenden anhand beispielsweise Ausführungsformen näher erläutert, die in der Zeichnung veranschaulicht sind. In dieser zeigen:

Fig. 1 in einem Blockschaltbild eine erste Ausführungsform der Erfindung mit zwei getrennten HF-Teilen und einem gemeinsamen Basisbandteil,

Fig. 2 das Blockschaltbild einer Variante mit zwei HF-Teilen und einem gesteuerten Phasenschieber zwischen den HF-Teilen und einem Basisbandteil und

Fig. 3 in einem Diagramm die Zeitpunkte der Messung während eines Zeitschlitzes.

Fig. 1 zeigt zwei HF-Teile RF1, RF2, die beispielsweise im Bluetooth-Standard und im Frequenzbereich von 2,402 bis 2,480 GHz arbeiten. Der Ausbau der Sende-/Empfangs-HF-Teile ist dem Fachmann bekannt und muss daher hier nicht erläutert werden. Die Sendeleistung beträgt beispielsweise lediglich 1mW und es wird ein schnelles Frequenzsprung-Verfahren verwendet, das bereits eingangs angesprochen wurde.

Basisbandsignale bb1, bb2 werden zwischen einem Basisbandteil BBT und den beiden HF-Teilen RF1, RF2 ausgetauscht. Zwischen die beiden HF-Teile RF1, RF2 ist eine Richtungssteuereinheit PHS, z. B. ein Phasenschieber geschaltet der mindestens zwei, im vorliegenden Fall sechs Antennen AN1 ... AN6 mit den HF-Teilen RF1, RF2 verbinden kann. Die Richtungssteuereinheit PHS wird von einer Steuerung PST angesteuert, die ihrerseits die Basisbandsignale bb1, bb2 erhält. Ein Steuersignal sts, z. B. zur Kanalauswahl kann von dem Basisbauteil BBT den beiden HF-Teilen zugeführt werden.

Das Verfahren nach der Erfindung sieht nun vor, dass während der Guard-Zeiten einzelner Zeitschlitzes für unterschiedliche Antennenrichtungen ein Qualitätswert des empfangenen Signals ermittelt wird, im einfachsten Fall die Feldstärke z. B. der RSSI-Wert. Guard-Zeiten werden bei allen Funkverfahren mit einer Paketübermittlung verwendet, um zu vermeiden, dass eine Nachrichtenübertragung während der Einschwingzeiten von Sender bzw. Empfänger versucht wird. In Fig. 4 ist die Guard-Zeit t_g eingezeichnet, auf welche das eigentliche Informationspaket PAK folgt. Auf der Ordinate ist hier die Signalleistung P_{sig} aufgetragen.

Hinsichtlich der Terminologie soll klargestellt werden, dass zwischen „Guard-Zeit“ einerseits und „Präambeln“ andererseits wesentliche Unterschiede bestehen. Während der Guard-Zeit „schweigt“ der Sender, d. h. es erfolgt keine eigentliche Informationsübertragung. Vielmehr soll während der Guard-Zeit das Einschwingen von Sender und Empfänger und die Synchronisierung auf physikalischer Ebene ermöglicht werden.

Im Gegensatz dazu dienen Präambeln in erster Linie zur logischen Synchronisierung im Sinne einer Bit- und Rahmen-Synchronisierung, wobei während der entsprechenden Zeit sehr wohl Information übertragen wird, nämlich in Form der Präambeln.

Zum besseren Verständnis der Erfindung soll betont werden, dass während der Guard-Zeit zwar keine Nachrichten übertragen werden, dennoch Informationen vorliegen können, nämlich hinsichtlich des RSSI-Wertes (die HF-Leistung des Senders ist während eines Bruchteils der Guard-Zeit erreicht), hinsichtlich der Phasenlage, hinsichtlich allfälliger Störer und hinsichtlich weiterer Effekte, wie z. B. Doppler-Effekt, bei sich bewegendem Sender.

Bezüglich der möglichen Zuordnung der sechs Antennen AN1 ... AN6 zu den beiden HF-Teilen RF1, RF2 sei gesagt, dass es z. B. zwei Antennengruppen geben kann, die je eine steuerbare Richtcharakteristik besitzt. Jeder der sechs Einzelantennen ist dabei zur gleichen Zeit nur einer Gruppe zugeordnet, wobei diese Zuordnung jedoch nicht fest vorgegeben, sondern variabel ist.

Jede der beiden Antennengruppen ist mit einem HF-Teil RF1 bzw. RF2 verbunden, wobei jeder HF-Teil eine eigenständige Aussage über die Signalqualität liefert, z. B. über den RSSI-Wert. Während der preamble eines Datenpakets sollen beide Gruppen zunächst möglichst unterschiedlich ausgerichtet sein. Die Position (Richtung) der Gruppe mit der höheren Signalqualität wird festgehalten und sodann wird die Richtung der zweiten Gruppe solange gedreht, bis eine Richtung mit merklich besserer Empfangsqualität, z. B. höherer Empfangsfeldstärke als bei der ersten Gruppe gemessen wird. Diese Richtung wird festgehalten und sodann geht man wieder auf die erste Gruppe über usf. Dieser Vorgang läuft so lange, wie es die zur Verfügung stehende Messzeit erlaubt, weiter.

Je nach Art der Antennen-Richtungssteuereinheit und der Anzahl der Antennen, ist es möglich, über eine Ansteuerung der Einheit PHS, die keinesfalls zwingend ein Phasenschieber sein muss, sondern z. B. eine Antennenschaltmatrix enthalten könnte, mehrere Antennenrichtungen einzustellen, wobei die Anzahl der Richtungen von der Anzahl der Antennen eines Antennenarrays unabhängig sein kann.

Wie in Fig. 3 durch Pfeile M1 ... M5 angedeutet, erfolgen während der Guard-Zeit t_g die Messungen z. B. der Empfangsfeldstärke für einige, hier fünf Antennenrichtungen. In der Folge wird jene Antennenrichtung eingestellt, welche die beste Qualität geliefert hat, und aus dieser Richtung wird nicht nur empfangen, sondern es wird in diese Richtung auch gesendet. Das Einstellen der Antennenrichtungen erfolgt über die Steuerung PST, welche die Basisbandsignale entsprechend der obigen Kriterien auswertet und dann ein entsprechendes Richtungssignal rsg an die Richtungssteuereinheit PHS abgibt.

Da man bereits bei zwei Antennen bei jeder Funkstelle eine Verbesserung des Gewinns um bis zu + 6 dB erreichen kann, ist es klar, dass dank der Erfindung die Reichweite erhöht werden kann, ohne die Senderleistungen zu vergrößern. Andererseits bringt die verwendete adaptive Antennensteuerung auch den Vorteil, dass andere Einheiten weniger gestört werden, was bei „Breitbandstörern“, wie üblichen Bluetooth-Geräten besonders wichtig ist.

Im allgemeinen wird es nicht notwendig sein, die Messungen vor jedem Nachrichtenpaket durchzuführen, doch hängt die Häufigkeit der Messung sehr davon ab, mit welcher Geschwindigkeit sich die Ausbreitungs- und Reflexionsverhältnisse ändern. Es wird in einer Werkhalle mit viel Verkehr eine Messung öfter notwendig sein, als bei im Wesentlichen stationären Ausbreitungsbedingungen.

Eine weitere, sehr leistungsfähige Variante der Erfindung ist in Fig. 2 veranschaulicht. Hier werden wiederum zwei HF-Teile RF1, RF2 verwendet, welche jeder eine Antenne AN1 und AN2 besitzen. Den beiden HF-Teilen ist über eine Phasensteuerung BHS ein gemeinsamer Basisbandteil BBT zugeordnet. Beide HF-Teile RF1 und RF2 besitzen einen gemeinsamen Oszillator OSC, wobei je ein Phasendetektor PD1 und PD2 zwischen den HF-Teilen RF1 und RF2 und dem Phasenschieber PHS liegt und diese Phasendetektoren PD1 und PD2 ein Referenzsignal des Oszillators OSC erhalten. Für den Phasenschieber PHS ist eine Ansteuerung BEC vorgesehen, welche einerseits Befehle seitens des Basisbandteils erhält, nämlich im Sinne der Ergebnisse eines Tabellenverfahrens oder einer sonstigen Qualitätsbewertung, sowie Informationen über die Phasenlage seitens der Phasendetektoren PD1 und PD2. Mit der gezeigten Vorrichtung kann lediglich durch Ansteuerung der Phase sowohl im Sende als auch im Empfangsbetrieb die gewünschte Antennenrichtung ausgewählt und beibehalten werden, wobei im übrigen das Verfahren abläuft wie vorhin beschrieben.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur adaptiven Antennenrichtungssteuerung für Funkssysteme mit sequentiellen oder parallelen Mehrfrequenzverfahren, bei welchem zumindest zwei Antennen (AN1 ... AN6) über eine Richtungssteuereinheit (PHS) mit einer Sende/-Empfangseinrichtung (RF1, RF2, BBT; RTx) verbunden sind und die Antennenrichtung über eine an die Steuereinheit gelegte Steuerinformation (rsg) eingestellt wird,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Messung während der Guard-Zeiten (t_g) einzelner Zeitschlitzes mit Hilfe zumindest zweier HF-Teile (RF1, RF2), welchen ein gemeinsamer Basisbandteil (BBT) zugeordnet ist, gleichzeitig für unterschiedliche Antennenrichtungen durchgeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Gesamtzahl der Frequenzen in Gruppen unterteilt wird, durch Messung in den Empfangsteilen für jede Frequenzgruppe ein Qualitätswert, z. B. die Feldstärke, für eine Anzahl von Antennenrichtungen gemessen und diese Qualitätswerte in einer Bewertungstabelle (TAB) abgespeichert werden und auf Basis der Bewertungstabelle die optimale Antennenrichtung für jede Frequenzgruppe eingestellt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Phase einlangender Hochfrequenzsignale gemessen und diese Information als Steuerinformation der Richtungssteuereinheit (PHS), die als gesteuerter Phasenschieber ausgebildet ist, zugeführt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, *dadurch gekennzeichnet*, dass ein Steuersignal für die Richtungssteuereinheit zur Einstellung auf unterschiedliche Antennenausrichtungen durchgestimmt wird, bei jeder Einstellung die Empfangsqualität gemessen und so dann über ein Steuersignal die Antennenrichtung für beste Empfangsqualität eingestellt wird.

Hiezu 2 Blatt Zeichnungen

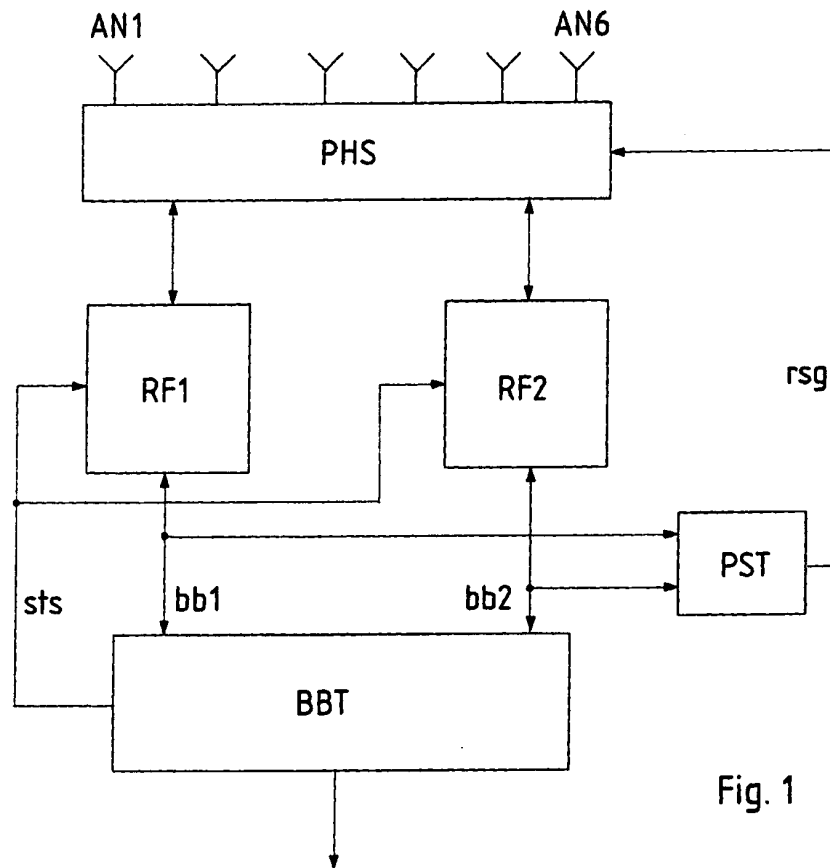


Fig. 1

