



(10) **DE 10 2014 218 513 B4** 2016.09.01

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 218 513.0**  
(22) Anmeldetag: **16.09.2014**  
(43) Offenlegungstag: **17.03.2016**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **01.09.2016**

(51) Int Cl.: **H04B 7/26 (2006.01)**  
**H04B 7/15 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.,  
51147 Köln, DE**

(72) Erfinder:  
**Bischl, Hermann, Dr., 94501 Aldersbach, DE**

(74) Vertreter:  
**dompatent von Kreisler Selting Werner  
- Partnerschaft von Patentanwälten und  
Rechtsanwälten mbB, 50667 Köln, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:  
**DE 10 2013 002 131 A1**  
**US 6 091 947 A**

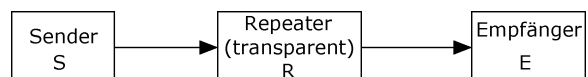
(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Übertragung von Datensignalen von einem Sender zu einem Repeater und von dem Repeater weiter zu mindestens einem Empfänger**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Übertragung von Datensignalen von einem Sender zu einem Repeater und von dem Repeater weiter zu mindestens einem Empfänger unter Verwendung eines vorgegebenen Modulations- und Kodierverfahrens sowie einer durch dieses definierten Wellenform mit Nenn-Signaldauer ( $D$ ) und Nenn-Signalbandbreite ( $B$ ), wobei bei dem Verfahren

– das zu übertragende Datensignal um einen ersten Faktor ( $R_1$ ) im Vergleich zur Nenn-Signaldauer zeitlich gestreckt bzw. zeitlich gestaucht von dem Sender ( $S$ ) zu dem Repeater ( $R$ ) und damit mit einer ersten anderen Signaldauer ( $D_{SR}$ ) als der Nenn-Signaldauer ( $D$ ) und einer ersten anderen Signalbandbreite ( $B_{SR}$ ) als der Nenn-Signalbandbreite ( $B$ ) gesendet wird,

– das vom Repeater ( $R$ ) empfangene Datensignal gefiltert und zwischengespeichert wird und

– das zwischengespeicherte Datensignal von dem Repeater ( $R$ ) an den Empfänger ( $E$ ) um einen zweiten Faktor ( $R_2$ ) im Vergleich zur ersten anderen Signaldauer ( $D_{SR}$ ) gestaucht bzw. gestreckt und folglich mit einer im Vergleich zur ersten anderen Signalbandbreite ( $B_{SR}$ ) entsprechend erhöhten oder verringerten Signalbandbreite übertragen wird.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Übertragung von Datensignalen von einem Sender zu einem Repeater und von dem Repeater weiter zu mindestens einem Empfänger.

### Problemstellung

**[0002]** Telekommunikationssysteme, in denen aus praktischen Gründen zur Informationsübertragung ein bestimmtes Modulations- und Kodierverfahren bzw. eine bestimmte Wellenform verwendet werden soll (z. B. wegen verfügbarer standardisierter Modem-Komponenten), benötigen für die Übertragung ein ausreichendes Signal-Rausch-Verhältnis und eine ausreichende Bandbreite des Übertragungskanals. Ist das Signal-Rausch-Verhältnis oder die verfügbare Bandbreite nicht ausreichend, kann eine Informationsübertragung mit der gewünschten Wellenform nicht stattfinden.

**[0003]** Für diese Problematik wird mit der Erfindung eine Lösung vorgestellt, mit der durch einfache Signalverarbeitungsoperationen die gewünschte Wellenform so modifiziert wird, dass bei der Übertragung das erforderliche Signal-Rausch-Verhältnis erreicht und auch die maximal zulässige Bandbreite eingehalten werden kann. Da die Datenrate im Übertragungskanal der Datenrate der ursprünglichen Wellenform dadurch nicht mehr entsprechen kann, sind zur Kompensation dessen Store-and-Forward Mechanismen erforderlich.

### Beispielszenarium: Übertragungssystem mit Repeater

**[0004]** Ohne Beschränkung der Allgemeinheit sei hier als Beispielszenarium ein System mit einem transparenten Repeater aufgeführt (siehe **Fig. 1**). Informationsübertragungssysteme, in denen das Signal nicht direkt vom Sender zum Empfänger übertragen werden kann, müssen einen Repeater verwenden, welcher das Signal vom Sender empfängt, aufbereitet, und dann an den eigentlichen Empfänger weitersendet. Diese Aufbereitung ist bei einem transparenten Repeater im Wesentlichen eine Verstärkung und gegebenenfalls Frequenzumsetzung des Signals.

**[0005]** Transparente Repeater sind einfacher zu realisieren als regenerative Repeater, bei denen ein Modem das vom Sender empfangene Signal demoduliert und dekodiert und ein weiteres Modem anschließend die Daten zum Weitersenden neu kodiert und moduliert. Bei einem regenerativen Repeater kann die Kodierung und Modulation jedoch im Gegensatz zu einem transparenten Repeater immer an den jeweiligen Übertragungskanal angepasst werden, was bei stark unterschiedlichen Übertragungsbedingungen

in den beiden Kanälen "Sender-Repeater" und "Repeater-Empfänger" von großem Vorteil ist. Denn dadurch wird auf den Kanälen keine Übertragungskapazität verschwendet bzw. können auf dem guten Kanal auch Wellenformen (z. B. standardisierte Wellenformen) eingesetzt werden, die auf dem schlechten Kanal nicht übertragen werden könnten. Regenerative Repeater sind wegen der darin implementierten Modems wiederum nur für eine Wellenform konzipiert, wogegen ein transparenter Repeater weitgehend beliebige Wellenformen unterstützt und daher flexibler eingesetzt werden kann.

### Beispiel: Intersatellitenverbindung

**[0006]** Als konkretes Beispiel für ein Repeater-System mit stark unterschiedlichen Kanälen sei hier ein Satellitensystem genannt, bei dem ein Datensignal über eine Intersatellitenverbindung von einem geostationären (GEO) Satelliten zu einem kleinen niedrig fliegenden (LEO) Satelliten (z. B. Nanosatellit) gesendet wird, welcher anschließend die Daten in einer standardisierten Wellenform zur Erde abstrahlen soll (z. B. für standardisierte Messaging Dienste). Falls die Intersatellitenverbindung eine zu geringe Kanalkapazität hat, z. B. wegen einer infolge von Platzproblemen extrem kleinen Empfangsantenne im LEO-Satelliten, kann die standardisierte Signalfom auf diesem Kanal nicht übertragen werden und es müsste im LEO-Satelliten ein regenerativer Repeater im Store-and-Forward Betrieb eingesetzt werden, der eine aufwändige Modem-Implementierung erfordern würde. Zur Vereinfachung des Repeaters im LEO-Satelliten könnten auf der Intersatellitenverbindung nicht die eigentlichen Daten, sondern die digitalen Abtastwerte der gewünschten Wellenform übertragen werden. Durch Überabtastung und Digitalisierung der Abtastwerte (z. B. 2·8 Bit pro Abtastwert) wird jedoch die auf dem ohnehin schon schlechten Intersatellitenlink zu übertragende Datenmenge drastisch erhöht. Zudem wird auch in solch einem vereinfachten Repeater noch ein Modem für die Intersatellitenverbindung benötigt.

### Stand der Technik

**[0007]** Aus DE 10 2013 002 131 A1, die eine vorangemeldete und nachveröffentlichte Patentanmeldung betrifft, ist ein SSSW-Übertragungsverfahren von Sprachen und Daten in einem Kanal mit einer extrem schmalen Bandbreite bekannt. Von einem Sender wird ein Signal direkt zu einem Empfänger gesendet. Durch umsetzen und Zwischenspeicherung von Nutzsignalpaketen werden nach Änderung der Taktfrequenz zunächst auf der Sendeseite extrem schmalbandige Signale erzeugt und ausgesendet, und zwar in einer anderen Frequenzlage als derjenigen des Basisfrequenzbands. Auf der Empfangsseite werden die Signalpakete empfangen, zwischengespeichert und hinsichtlich der Taktfrequenz verän-

dert. Das Übertragungsverfahren verwendet keinen Repeater.

**[0008]** In US 6 091 947 A wird ein Verfahren zur Übertragung einer Sprachnachricht von einer Mobilfunk-Basisstation zu einem Mobiltelefon beschrieben. Wenn das Mobiltelefon einen normalen Sprachanruf nicht entgegennehmen kann, beispielsweise aufgrund einer zu weiten Entfernung von der Basisstation und einer demzufolge eingeschränkte Übertragungsrate, so wird der Sprachanruf zunächst in der Basisstation aufgezeichnet, abgespeichert und anschließend mit einer vergleichsweise niedrigen Übertragungsrate zum Mobiltelefon übertragen und in dessen lokalen Datenspeicher abgelegt. Auf dem Mobiltelefon kann die auf dem lokalen Datenspeicher abgelegte Sprachnachricht dann in normaler Geschwindigkeit angehört werden. Für die Übertragung der Sprachnachricht einschließlich deren Abhören werden verschiedene Übertragungsverfahren genutzt, die sich hinsichtlich der Modulation unterscheiden. Bei der Basisstation gemäß diesem Übertragungsverfahren handelt es sich also insoweit nicht um einen "Repeater", der ohne Demodulation und Modulation arbeitet. Vielmehr wird für die Übertragung zur Basisstation ein erstes Übertragungsverfahren und für die Übertragung von der Basisstation zum Mobiltelefon ein zweites Übertragungsverfahren, das vom ersten Übertragungsverfahren verschieden ist, eingesetzt.

**[0009]** Aufgabe der Erfindung ist es, ein einfaches Verfahren zur Anpassung der Übertragung eines Datensignals an die Kapazität (beispielsweise Link-Budget) des gegebenen Übertragungskanals zu schaffen, und zwar unter Berücksichtigung eines vorgegebenen Modulations- und Kodierverfahrens bzw. einer bestimmten Wellenform, die das den Empfänger erreichende Signal aufweisen sollte.

**[0010]** Zur Lösung dieser Aufgabe wird mit der Erfindung ein Verfahren zur Übertragung von Datensignalen von einem Sender zu einem Repeater und von dem Repeater weiter zu mindestens einem Empfänger unter Verwendung eines vorgegebenen Modulations- und Kodierverfahrens sowie einer durch dieses definierten Wellenform mit Nenn-Signaldauer ( $D$ ) und Nenn-Signalbandbreite ( $B$ ) vorgeschlagen, wobei bei dem Verfahren

- das zu übertragende Datensignal um einen ersten Faktor ( $R_1$ ) im Vergleich zur Nenn-Signaldauer zeitlich gestreckt bzw. zeitlich gestaucht von dem Sender zu dem Repeater und damit mit einer ersten anderen Signaldauer ( $D_{SR}$ ) als der Nenn-Signaldauer ( $D$ ) und einer ersten anderen Signalbandbreite ( $B_{SR}$ ) als der Nenn-Signalbandbreite ( $B$ ) gesendet wird,
- das vom Repeater empfangene Datensignal entsprechend seiner geänderten Signalbandbreite gefiltert und zwischengespeichert wird und

– das zwischengespeicherte Datensignal von dem Repeater an den Empfänger um einen zweiten Faktor ( $R_2$ ) im Vergleich zur ersten anderen Signaldauer ( $D_{SR}$ ) gestaucht bzw. gestreckt und folglich mit einer im Vergleich zur ersten anderen Signalbandbreite ( $B_{SR}$ ) entsprechend erhöhten bzw. verringerten Signalbandbreite übertragen wird, und zwar ohne dass im Repeater weder das empfangene Datensignal demoduliert und dekodiert noch das vom Repeater an den Empfänger zu übertragende Datensignal moduliert und kodiert wird, womit der Repeater nicht regenerativ, also insoweit transparent ist.

**[0011]** Mit der Erfindung wird dem Problem Rechnung getragen, das ein Übertragungskanal entweder in Gänze oder zumindest in Teilen eingeschränkte Eigenschaften aufweist, die die ordnungsgemäße Übertragung von Datensignalen unter Verwendung vorgegebener Modulations- und Kodierverfahren bzw. vorgegebener Wellenformen nicht immer garantieren können (z. B. eingeschränktes Link-Budget). Für diese Fälle sieht nun die Erfindung vor, dass die Datensignale mit abschnittsweise unterschiedlichen Geschwindigkeiten übertragen werden. Bei eingeschränkten Kanaleigenschaften ist die Geschwindigkeit herabgesetzt, das Datensignal also zeitlich gestreckt, womit gewährleistet ist, dass die Information möglichst vollständig und korrekt übertragen wird, wenn auch mit einer geringeren Übertragungsgeschwindigkeit. Diese geringe Übertragungsgeschwindigkeit hat die insoweit vorteilhafte Folge, dass die Signalbandbreite reduziert ist und damit auch die Filterbandbreite in der dieses Signal empfangenden Einheit (beispielsweise Repeater), womit auch der Rauschanteil verringert ist, da eben durch die verringerte Signalbandbreite auch nur ein geringerer Anteil an nicht filterbarem Rauschen entstehen kann. Exakt dies ist gemeint, wenn es weiter oben im Zusammenhang mit den Merkmalen der Erfindung heißt, dass das vom Repeater empfangene Datensignal entsprechend seiner geänderten Signalbandbreite gefiltert wird.

**[0012]** Im Folgendem wird im Zusammenhang mit der Beschreibung der Erfindung diejenige Einheit, die das zeitlich gestreckt gesendete Datensignal empfängt, als Repeater bezeichnet, der das Datensignal dann zeitlich gestaucht an einen oder mehrere Empfänger weitergibt. Der Repeater bzw. dessen Funktionalität kann aber ebenso gut auch in der Eingangsstufe des/jedes Senders realisiert sein. Die Funktionskomponenten des Repeaters sind typischerweise ein Empfangsfilter, ein Frequenzmischer, ein Signalpeicher und ein Ausgangsverstärker. Im Repeater erfolgt dabei keine Demodulation und Dekodierung des empfangenen Signals bzw. keine Modulation und Kodierung des vom Repeater an den Empfänger zu übertragenden Signals. Damit ist der Repeater trans-

parent, was seinen Hardware-Aufbau im Vergleich zu regenerativen Repeatern deutlich vereinfacht.

**[0013]** Durch die zeitlich gestreckte und damit verlangsamte Übertragung der Datensignale vom Sender zum Repeater benötigt man im Repeater einen Signalspeicher zum Zwischenspeichern der Datensignale. Aus dem Datenspeicher werden dann die Datensignale zusammengesetzt, die dann wiederum zeitlich gestaucht, also schneller als beim Empfang durch den Repeater an den Empfänger übertragen werden.

**[0014]** Der Vorteil der erfindungsgemäßen Vorgehensweise ist darin zusehen, dass nun beispielsweise Satelliten-Erdboden-Übertragungskanäle eingesetzt werden können, um für die Empfänger auf der Erde ohne Veränderung der Hardwarekomponenten Datensignale zur Verfügung zu stellen. Als Beispiel sei hier an einen standardisierten Messaging-Dienst für beispielsweise Schiffe gedacht. Die Versorgung von Schiffen mit Kommunikationssignalen erfordert die Verwendung ganz bestimmter Modulations- und Kodierverfahren mit vorgegebenen Wellenformen, damit die aktuell auf den Schiffen vorhandene Hardware genutzt werden kann. Sollen diese Messaging-Dienste nun über geostationäre Satelliten erfolgen, so ist die Verbindung zwischen dem geostationären Satellit und den Schiffen nicht immer frei von Störungen, damit die Datensignale auch korrekt übertragen werden. Es bietet sich hier an, diese Übertragungsverbindung in eine erste Intersatellitenverbindung und in eine zweite Verbindung zwischen einem Satelliten und den Schiffen zu unterteilen. Die Intersatellitenverbindung erfolgt dabei beispielsweise zwischen geostationären Satelliten und demgegenüber wesentlichen erdnäheren LEO-Satelliten. Das Zwischenspeichern der Signale in dem LEO-Satelliten ermöglicht zudem, dass die Signale erst dann weitergesendet werden, wenn sich der LEO-Satellit in Reichweite der Schiffe befindet, für welche der geostationäre Satellit ohnehin nicht sichtbar wäre. Bei dem LEO-Satelliten kann es sich nun erfindungsgemäß um recht kleinformatige Satelliten handeln, deren Empfangsantennen insbesondere kleinformatig sein können, da ja erfindungsgemäß die Übertragung vom geostationären Satelliten zum LEO-Satelliten („der einen Repeater darstellt,“) vergleichsweise langsam erfolgt, in jedem Fall aber langsamer erfolgt als die Übertragung zwischen dem LEO-Satelliten und den Schiffen. Überdies müssen die kleinformatigen Antennen der LEO-Satelliten bzw. allgemein der Repeater keine nennenswerte selektive Richtcharakteristik aufweisen, womit die Repeater, die lediglich über eine Eingangsfilterung, eine insbesondere digitale Datenzwischenspeicherung, gegebenenfalls Frequenzumsetzer, und einen Ausgangsverstärker verfügen müssen, recht kostengünstig herstellbar sind.

**[0015]** In vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass das vom Repeater empfangene Datensignal im Repeater unter Erzeugung von Abtastwerten abgetastet wird und dass die Abtastwerte im Repeater zwischengespeichert werden.

**[0016]** Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass das im Sender erzeugte Datensignal zwischengespeichert und das zwischengespeicherte Datensignal von dem Sender um den ersten Faktor im Vergleich zur Nenn-Sendedauer zeitlich gestreckt bzw. gestaucht zum Repeater gesendet wird.

**[0017]** Bei dem ersten Faktor handelt es sich, wie bereits oben beispielhaft erwähnt, um einen Streckungsfaktor mit einem Wert größer als eins, wohin gegen der zweite Faktor in einem solchen Fall dann ein Stauchungsfaktor mit einem Wert größer als eins ist. Zweckmäßigerweise ist der erste Faktor gleich dem zweiten Faktor, womit bei der Übertragung vom Repeater zum Sender die Nennsignaldauer  $D$  erreicht wird, was aber nicht zwingend notwendig sein muss.

**[0018]** Als ein Beispiel für die Anwendung des Verfahrens kann vorgesehen sein, dass die Übertragung von dem Sender zum Repeater drahtlos erfolgt, wobei in einem solchen Fall auch die Übertragung von dem Repeater zum Empfänger drahtlos erfolgen kann. In einem beispielhaften Anwendungsszenarium ist der Sender ein geostationärer Satellit und der Repeater ein im Vergleich zum geostationären Satellit erdnäherer Satellit, der mindestens einen Empfänger in einem Fahrzeug, insbesondere einem Schiff bedient.

**[0019]** Wie bereits oben erwähnt, können der Repeater und der Empfänger zusammengefasst sein. Hierbei weist der Empfänger eine Eingangsstufe und eine mit dieser verbundene Weiterverarbeitungsstufe auf, wobei der Repeater zumindest Teil der Eingangsstufe ist, und wobei das von der Eingangsstufe empfangene, zwischengespeicherte Datensignal um den zweiten Faktor zeitlich gestaucht bzw. zeitlich von der Eingangsstufe an die Weiterverarbeitungsstufe übertragen wird.

**[0020]** Zusammenfassend kann die Problemstellung und erfindungsgemäße Lösung wie folgt dargestellt werden.

**[0021]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert. Im Einzelnen zeigen dabei:

**[0022]** Fig. 1 schematisch die Komponenten Sender, Repeater und Empfänger für ein beispielhaftes

Anwendungsszenarium der Erfindung in einem Übertragungssystem mit Repeater und

**[0023]** Fig. 2 eine etwas detailliertere Darstellung der Haupt- und Funktionskomponenten eines Übertragungssystems als Anwendungsbeispiel der Erfindung mit einem quasi-transparenten Repeater und erfindungsgemäßer einfacher Signalanpassung an dem Übertragungskanalabschnitt Sender-Repeater, wobei aus Vereinfachungsgründen Signalverzögerungen, beispielsweise aufgrund des Zwischenspeichers, in den Gleichungen nicht explizit aufgeführt sind.

**[0024]** Im Folgendem wird unter Bezugnahme auf Fig. 2 ein erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel (Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens) vorgestellt, bei dem mit einfachen Mitteln bei einem quasi-transparenten Repeater (ohne Modem) eine Anpassung der Wellenform an die Übertragungsbedingungen des Übertragungskanals Sender-Empfänger (S-E) und des Übertragungskanals Repeater-Empfänger (R-E) möglich wird.

**[0025]** Insbesondere kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren das Signal-Rausch-Verhältnis beeinflusst, z. B. verbessert werden und auch die maximal zulässige Bandbreite eingehalten werden. Da durch die Modifikation die Datenrate im Übertragungskanal der Datenrate der eigentlichen Wellenform nicht mehr entsprechen kann, sind Store-and-Forward Mechanismen erforderlich, wenn in den beiden Kanälen Sender-Repeater und Repeater-Empfänger unterschiedliche Modifikationen der Wellenform verwendet werden.

**[0026]** Erläutert wird die Erfindung zwar anhand eines Übertragungssystems mit einem quasi-transparenten Repeater. Die Lösung ist aber auch für Sender-Empfänger Anordnungen ohne Repeater anwendbar. In diesem Fall kann einer der beiden Kanäle durch einen idealen Übertragungskanal ersetzt und der Repeater dem Sender bzw. Empfänger zugeordnet werden.

**[0027]** Die Gleichungen in Fig. 2 sowie im folgenden Text verwenden eine Basisbandrepräsentation der Signale. Frequenzumsetzungen sind daher nicht explizit dargestellt, jedoch in der praktischen Realisierung jederzeit möglich.

Schritt 1: Zeitliche Streckung des zu übertragenden Signals vor dem Senden (Block 2)

**[0028]** Wie in Fig. 2 dargestellt, wird das für eine Zeitdauer  $D$  zu übertragende Signal  $s(t)$  mit der Bandbreite  $B$  vor dem Senden zunächst zwischengespeichert (Block 2). Anschließend wird dieses gespeicherte Signal zeitlich gestreckt um den Streckungsfaktor  $R$  als Signal  $s_{SR}(t)$  übertragen (siehe Block 2).

Dadurch ist die Bandbreite  $B_{SR}$  des Signals  $s_{SR}(t)$  um den Faktor  $R$  geringer als die Bandbreite  $B$  des ursprünglichen Signals  $s(t)$ . Die Übertragungsdauer  $D_{SR}$  ist um den Faktor  $R$  höher als  $D$  (hier ist also  $R_1 = R$ ). Die zeitliche Streckung kann z. B. durch digitale Signalverarbeitung vor der D/A Wandlung zur Generierung des Sendesignals  $s_{SR}(t)$  erfolgen. Ein Zusammenfassen von Block 1 und Block 2 ist prinzipiell ebenfalls möglich, d. h. das Signal  $s_{SR}(t)$  wird dann direkt aus den zu übertragenden, abgespeicherten Daten generiert. Die Sendeleistung soll durch die zeitliche Streckung nicht beeinflusst werden.

Schritt 2: Filtern und Rückgängigmachen der zeitlichen Streckung nach der Übertragung (Block 3)

**[0029]** Das am quasi-transparenten Repeater ankommende, verrauschte Signal  $r_{SR}(t)$  wird in Block 3 des Repeaters mit der entsprechend verringerten Bandbreite  $B_{SR} = B/R$  gefiltert. Gegenüber einem Filter mit der Bandbreite  $B$  des Signals  $s(t)$  verbessert sich durch die kleinere Filterbandbreite  $B_{SR}$  das Signal-Rausch-Verhältnis  $SNR_{SR}$  am Eingang des Repeaters um den Faktor  $R$ :

$$SNR_{SR} = E[(h_{SR} \cdot s_{SR}(t))^2] / E[n_{SR}(t)^2] = P_{SR} / (N_{0,SR} \cdot B_{SR}) = R \cdot P_{SR} / (N_{0,SR} \cdot B)$$

mit  $E[(h_{SR} \cdot s_{SR}(t))^2] = P_{SR}$  als der Nutzsignalleistung des Signals  $r_{SR}(t)$ ,  $E[n_{SR}(t)^2] = N_{0,SR} \cdot B_{SR}$  als der Rauschleistung des Signals  $r_{SR}(t)$  nach dem Filter und  $N_{0,SR}$  als der Rauschleistungsdichte von Kanal S-R. Durch geeignete Wahl des Streckungsfaktors  $R$  kann somit auch bei einem für das Signal  $s(t)$  zu stark verrauschtem Übertragungskanal das für eine Übertragung erforderliche Signal-Rausch-Verhältnis  $SNR_{erf}$  erreicht und auch die maximal zulässige Signalbandbreite im Kanal S-R eingehalten werden.

**[0030]** Um nun im Kanal R-E das Signal mit der vom Empfänger erwarteten Wellenform von  $s(t)$  weiter zu senden, muss das in Block 3 empfangene und gefilterte Signal  $r_{RS}(t)$  zunächst zwischengespeichert werden (z. B. als digitale Abtastwerte). Das zwischengespeicherte Signal wird dann um den Faktor  $R$  schneller, d. h. zeitlich gestaucht um den Faktor  $R$ , von Block 3 an Block 4 weitergesendet hier ist also  $R_2 = R$ ). Für dieses Signal  $r_Z(t)$  gilt

$$r_Z(t) = r_{SR}(t \cdot R) = h_{SR} \cdot s(t) + n_{SR}(t \cdot R)$$

$r_Z(t)$  enthält dann wieder das ursprüngliche Signal  $s(t)$  mit der Bandbreite  $B$ .

**[0031]** Anschließend kann, falls erforderlich, dieses Signal wie bei einem herkömmlichen transparenten Repeater verstärkt und weitergesendet werden (Block 4). Für das vom Repeater gesendete Signal gilt:

$$s_{RE}(t) = a \cdot r_Z(t)$$

$a$  ist der Verstärkungsfaktor des Repeaters.

**[0032]** Für das Signal  $r_{RE}(t)$  am Empfänger (Block 5) gilt dann:

$$r_{RE}(t) = h_{RE} \cdot s_{RE}(t) + n_{RE}(t) = h_{SR} \cdot a \cdot h_{RE} \cdot s(t) + h_{RE} \cdot a \cdot n_{SR}(t \cdot R) + n_{RE}(t)$$

**[0033]** Dieses Signal enthält das ursprüngliche Signal  $s(t)$  und Rauschanteile aus den beiden Kanälen S-R und R-E.

**[0034]** Das Signal-Rausch-Verhältnis  $SNR_{RE}$  von Kanal R-E ist

$$SNR_{RE} = E[(h_{RE} \cdot s_{RE}(t))^2] / E[n_{RE}(t)^2] = P_{RE} / (N_{0,RE} \cdot B_{RE}) = P_{RE} / (N_{0,RE} \cdot B)$$

mit  $E[(h_{RE} \cdot s_{RE}(t))^2] = P_{RE}$  als der Nutzsignalleistung,  $E[n_{RE}(t)^2] = N_{0,RE} \cdot B_{RE}$  als der Rauschleistung nach dem Empfangsfilter in Block 5 und  $N_{0,RE}$  als der Rauschleistungsdichte von Kanal R-E.

**[0035]** Mit

$$E[n_{SR}(t)^2] = E[n_{SR}(t \cdot R)^2]$$

folgt für das gesamte Signal-Rausch-Verhältnis  $SNR_{gesamt}$ , welches bei der Demodulation und Dekodierung des Signals  $r_{RE}(t)$  zu berücksichtigen ist,

$$SNR_{gesamt} \geq 1 / (1/SNR_{SR} + 1/SNR_{RE}) = 1 / ((N_{0,SR} \cdot B) / (R \cdot P_{SR}) + (N_{0,RE} \cdot B) / P_{RE})$$

**[0036]** Durch Erhöhung des Streckungsfaktors  $R$  ( $R > 1$ ) kann somit das gesamte Signal-Rausch-Verhältnis  $SNR_{gesamt}$  erhöht werden, um das für die Übertragung von  $s(t)$  erforderliche Signal-Rausch-Verhältnis  $SNR_{erf}$  zu erreichen.

**[0037]** Insbesondere folgt bei einem im Vergleich zum Kanal R-E sehr stark verrauschten Kanal S-R:

$$SNR_{gesamt} \approx SNR_{SR} = R \cdot P_{SR} / (N_{0,SR} \cdot B), \text{ für } SNR_{SR} \ll SNR_{RE}$$

**[0038]** Anmerkungen zum erfindungsgemäßen Verfahren:

- Das hier gezeigte Beispiel impliziert einen Streckungsfaktor  $R > 1$  im Kanal S-R. Streckungsfaktoren  $R < 1$  sind ebenfalls möglich. In diesem Fall wird die Übertragungszeit verkürzt und das Signal-Rausch-Verhältnis entsprechend verringert, was genügend gute Übertragungskanäle mit ausreichender Bandbreite voraussetzt.
- Die gezeigte Methode kann auch im Kanal R-E oder sogar in beiden Kanälen jeweils mit un-

terschiedlichen Streckungsfaktoren angewendet werden.

- Falls im Repeater die Abtastwerte digital zwischengespeichert werden, kann die Filterung des Signals auch digital erfolgen. Gleiches gilt für systembedingte Operationen wie z. B. der Dopplerkompensation.

- Die Methode eignet sich auch für Systeme ohne Repeater. In diesem Fall erfolgt Schritt 1 im Sender und Schritt 2 im Empfänger, ggf. auch mit Vereinfachungen, die durch das Zusammenfassen von Block 3 und Block 5 entstehen können.

**[0039]** Aus informationstheoretischer Sicht wird durch die um den Faktor  $R$  verlangsamte Signalübertragung die Datenrate im Kanal S-R mit einfachen Mitteln um den Faktor  $R$  verringert, bis sie die Kanalkapazität  $C_{SR}$  der Übertragungsstrecke S-R nicht mehr übersteigt:

$$C_{SR} = B/R \cdot \log_2(1 + R \cdot P_{SR} / (N_{0,SR} \cdot B)) \geq \text{Datenrate}_{\text{Signal } s(t)} / R$$

**[0040]** Deshalb gilt für die erforderliche spektrale Effizienz auf der Übertragungsstrecke S-R

$$C_{SR} / B_{SR} = \log_2(1 + R \cdot P_{SR} / (N_{0,SR} \cdot B)) \geq \text{Datenrate}_{\text{Signal } s(t)} / B$$

Beispiel:

**[0041]** Übertragen werden soll für eine Zeitdauer von  $D = 5$  s ein Signal  $s(t)$  mit  $B = 100$  kHz Bandbreite und einem erforderlichen Signal-Rausch-Verhältnis  $SNR_{erf}$  von 4. Kanal S-R ist durch ein  $P_{SR} / N_{0,SR}$  von 50 kHz, Kanal R-E durch ein  $P_{RE} / N_{0,RE}$  von 1 MHz charakterisiert. Daraus folgt:

$$SNR_{SR} = R \cdot P_{SR} / (N_{0,SR} \cdot B) = R \cdot 0,5$$

$$SNR_{RE} = P_{RE} / (N_{0,RE} \cdot B) = 10$$

**[0042]** Für  $R = 1$ , d. h. ohne der beschriebenen Methode gilt

$$SNR_{gesamt} = 0,47 < SNR_{erf}$$

**[0043]** Eine Übertragung des Signals  $s(t)$  ist in diesem Fall nicht möglich.

**[0044]** Mit  $R = 14$  kann das Signal übertragen werden:

$$SNR_{gesamt} = 4,11 > SNR_{erf}$$

**[0045]** Die Übertragungsdauer im Kanal S-R wird dabei um den Faktor  $R = 14$  auf 70 Sekunden gestreckt, die Bandbreite verringert sich dabei auf etwa 7,1 kHz.

**[0046]** Die Erfindung ist beispielsweise in einer der nachfolgend genannten Ausprägungen realisierbar, und zwar als

1. eine Anordnung, mit der ein zu übertragendes Signal mit der Bandbreite  $B$  und Zeitdauer  $D$  zeitlich um den Faktor  $R$  verlangsamt, aber mit unveränderter Sendeleistung, gesendet wird, wodurch sich die Bandbreite des Signals um den Faktor  $R$  verringert, und mit der das vom Empfänger bzw. transparenten Repeater empfangene Signal zur Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses mit dieser um den Faktor  $R$  verringerten Bandbreite gefiltert wird;
2. eine Anordnung, mit der das empfangene, verlangsamte Signal nach der Filterung mit der reduzierten Bandbreite zwischengespeichert und anschließend um den Faktor  $R$  beschleunigt weitergesendet wird, wodurch das ursprüngliche Signal mit der Bandbreite  $B$  und Zeitdauer  $D$  rekonstruiert wird;
3. eine Anordnung entsprechend Ziff. 1 oder 2, bei der statt eines Streckungsfaktors  $R > 1$  ein Streckungsfaktor  $R < 1$  eingesetzt wird, wodurch das zu übertragende Signal entsprechend beschleunigt und mit erhöhter Bandbreite gesendet wird und sich die Übertragungsdauer entsprechend verringert.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Übertragung von Datensignalen von einem Sender zu einem Repeater und von dem Repeater weiter zu mindestens einem Empfänger unter Verwendung eines vorgegebenen Modulations- und Kodierverfahrens sowie einer durch dieses definierten Wellenform mit Nenn-Signaldauer ( $D$ ) und Nenn-Signalbandbreite ( $B$ ), wobei bei dem Verfahren – das zu übertragende Datensignal um einen ersten Faktor ( $R_1$ ) im Vergleich zur Nenn-Signaldauer zeitlich gestreckt bzw. zeitlich gestaucht von dem Sender ( $S$ ) zu dem Repeater ( $R$ ) und damit mit einer ersten anderen Signaldauer ( $D_{SR}$ ) als der Nenn-Signaldauer ( $D$ ) und einer ersten anderen Signalbandbreite ( $B_{SR}$ ) als der Nenn-Signalbandbreite ( $B$ ) gesendet wird, – das vom Repeater ( $R$ ) empfangene Datensignal gefiltert und zwischengespeichert wird und – das zwischengespeicherte Datensignal von dem Repeater ( $R$ ) an den Empfänger ( $E$ ) um einen zweiten Faktor ( $R_2$ ) im Vergleich zur ersten anderen Signaldauer ( $D_{SR}$ ) gestaucht bzw. gestreckt und folglich mit einer im Vergleich zur ersten anderen Signalbandbreite ( $B_{SR}$ ) entsprechend erhöhten oder verringerten Signalbandbreite übertragen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das vom Repeater ( $R$ ) empfangene Datensignal im Repeater ( $R$ ) unter Erzeugung von Abtastwerten abgetastet wird und dass die Abtastwerte im Repeater ( $R$ ) zwischengespeichert werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das im Sender ( $S$ ) erzeugte Datensignal zwischengespeichert und das zwischengespeicherte Datensignal von dem Sender ( $S$ ) um den ersten Faktor ( $R_1$ ) im Vergleich zur Nenn-Sendedauer zeitlich gestreckt bzw. gestaucht zum Repeater ( $R$ ) gesendet wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Faktor ein Streckungsfaktor ist, falls er einen Wert größer als eins aufweist, aber auch Werte kleiner eins möglich sind.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Faktor ein Stauchungsfaktor ist, falls er einen Wert größer als eins aufweist, aber auch Werte kleiner eins möglich sind.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Faktor gleich dem zweiten Faktor ist.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Übertragung von dem Sender ( $S$ ) zum Repeater ( $R$ ) drahtlos erfolgt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Übertragung von dem Repeater ( $R$ ) zum Empfänger ( $E$ ) drahtlos erfolgt.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sender ( $S$ ) ein geostationärer Satellit ist, dass der Repeater ( $R$ ) ein im Vergleich zum geostationären Satellit erdnäherer Satellit ist und dass der mindestens eine Empfänger ( $E$ ) ein Fahrzeug, insbesondere ein Schiff ist.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Empfänger ( $E$ ) eine Eingangsstufe und eine mit dieser verbundene Weiterverarbeitungsstufe aufweist und dass der Repeater ( $R$ ) zumindest Teil der Eingangsstufe ist, wobei das von der Eingangsstufe empfangene, zwischengespeicherte Datensignal um den zweiten Faktor ( $R_2$ ) zeitlich gestaucht oder zeitlich gestreckt von der Eingangsstufe an die Weiterverarbeitungsstufe übertragen wird.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

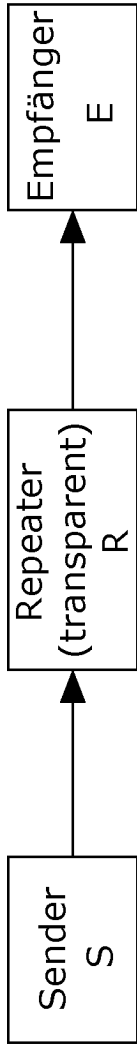
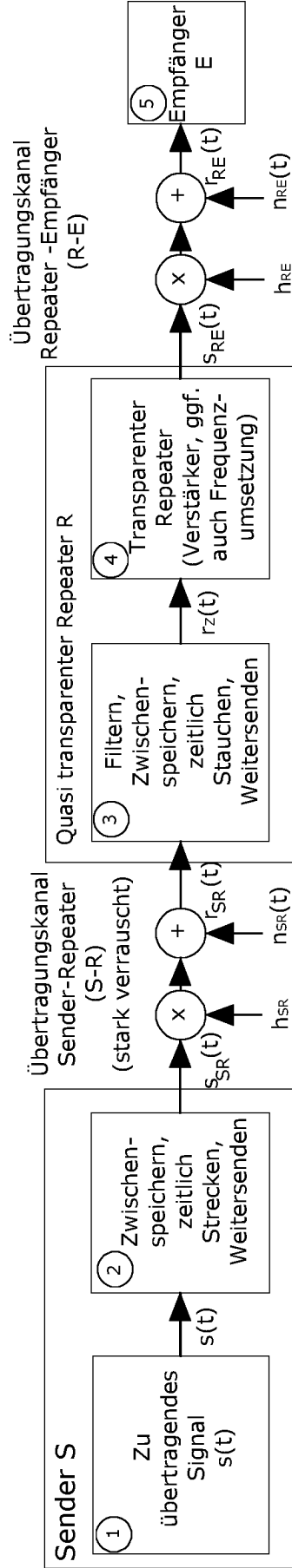


Fig.1



Sendesignal:  $s(t)$   
 Signaldauer:  $D$   
 Signalbandbreite:  $B$   
 $R$ : Streckungsfaktor  
 $s_{SR}(t) = s(t/R)$   
 $D_{SR} = D * R$   
 $B_{SR} = B/R$   
 $r_z(t) = r_{SR}(t * R)$   
 $= h_{SR} * s(t) + n_{SR}(t * R)$   
 $s_{RE}(t) = a * r_z(t)$   
 $a$ : Verstärkungsfaktor  
 Signaldauer:  $D_z = D_{SR}/R = D$   
 Signalbandbreite:  
 $B_z = B_{SR} * R = B$

Fig.2