



(10) **DE 10 2011 082 098 B4** 2014.04.10

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 082 098.1**
(22) Anmeldetag: **02.09.2011**
(43) Offenlegungstag: **07.03.2013**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **10.04.2014**

(51) Int Cl.: **G08C 17/02 (2006.01)**
H04L 12/951 (2013.01)
H04W 56/00 (2009.01)

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:
**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80686, München,
DE**

(72) Erfinder:
**Bernhard, Josef, 92507, Nabburg, DE; Kilian,
Gerd, 91056, Erlangen, DE**

(74) Vertreter:
**Schoppe, Zimmermann, Stöckeler, Zinkler &
Partner, 82049, Pullach, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:
US 2010 / 0 265 863 A1

(54) Bezeichnung: **Batteriebetriebene stationäre Sensoranordnung mit unidirektionaler Datenübertragung**

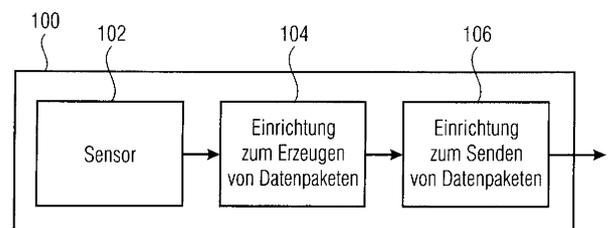
(57) Hauptanspruch: Batteriebetriebene stationäre Sensoranordnung mit unidirektionaler Datenübertragung, mit folgenden Merkmalen:

einem Sensor zum Ermitteln von Sensordaten und zum Bereitstellen eines Sensordatenpakets basierend auf den Sensordaten, wobei die Sensordaten eine Datenmenge von weniger als 1 kbit aufweisen;

einer Einrichtung zum Erzeugen von Datenpaketen, die ausgebildet ist, um das Sensordatenpaket in zumindest zwei Datenpakete aufzuteilen, wobei jedes der zumindest zwei Datenpakete kürzer ist als das Sensordatenpaket; und

einer Einrichtung zum Senden von Datenpaketen, die ausgebildet ist, um die Datenpakete mit einer Datenrate von weniger als 50 kbit/s und einem zeitlichen Abstand über einen Kommunikationskanal zu senden;

wobei die Einrichtung zum Erzeugen von Datenpaketen ausgebildet ist, um eine Synchronisationssequenz in Teilsynchronisationssequenzen aufzuteilen, und um jedes Datenpaket mit einer der Teilsynchronisationssequenzen zur Synchronisation des Datenpakets in einem Datenempfänger zu versehen.



Beschreibung

[0001] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung beziehen sich auf eine batteriebetriebene stationäre Sensoranordnung mit unidirektionaler Datenübertragung. Weitere Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung beziehen sich auf ein hybrides Verfahren zur drahtlosen Übertragung burstartiger Datenpakete in einem stationären Mehrteilnehmersystem.

[0002] Bei der Übertragung von kleinen Datenmengen, z. B. von Sensordaten eines Heizungs-, Strom- oder Wasserzählers kann ein Funkübertragungssystem zum Einsatz kommen. Dabei ist an dem Sensor eine Messeinrichtung mit einem Datensender angebracht, der die Sensordaten drahtlos zu einem Datenempfänger überträgt.

[0003] In der US 7,057,525 B2 wird ein System zur unidirektionalen Zählerfernauslese mit zwei Einrichtungen beschrieben, eine Einrichtung, die kurze Sendepakete für den mobilen Empfang erzeugt und eine Einrichtung, die schmalbandige Sendepakete erzeugt, die über eine größere Distanz von einem stationären Empfänger empfangbar sind. Dabei unterscheiden sich die beiden ausgesendeten Signale lediglich in der Signalbandbreite.

[0004] Die US 2010/0265863 A1 zeigt ein Verfahren zur extrem energiesparenden Übertragung von Datenpaketen von einer Basisstation zu einer Mehrzahl von Kommunikationseinheiten. Um zu verhindern, dass eine der Kommunikationseinheiten unter hohem Energieverbrauch ein Datenpaket empfängt und decodiert, das für eine andere Kommunikationseinheit bestimmt ist, werden die Datenpakete, die zu den Kommunikationseinheiten übertragen werden, von der Basisstation in eine Präambel-Periode, eine Leerlauf-Periode und eine Daten-Periode aufgeteilt. Während der Präambel-Periode werden Synchronisationsdaten sowie Bestimmungsinformationen zu den Kommunikationseinheiten übertragen. Basierend auf den Synchronisationsdaten und Bestimmungsinformationen ermitteln die Kommunikationseinheiten während der Leerlauf-Periode (Leerlaufphase), ob das Datenpaket für sie bestimmt ist, so dass während der Daten-Periode nur die Kommunikationseinheit das Datenpaket empfängt und decodiert, für die das Datenpaket bestimmt ist, während die anderen Kommunikationseinheiten das Datenpaket nicht empfangen, um Energie zu sparen.

[0005] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Konzept zu schaffen, welches eine Erhöhung der Reichweite ermöglicht.

[0006] Diese Aufgabe wird durch eine batteriebetriebene stationäre Sensoranordnung mit unidirektionaler Datenübertragung gemäß Anspruch 1, eine batteriebetriebene stationäre Sensoranordnung mit unidirektionaler Datenübertragung gemäß Anspruch 2, einem System mit einer batteriebetriebenen stationären Sensoranordnung und einem Datenempfänger gemäß Anspruch 7, einem Verfahren zum Senden eines Sensordatenpakets gemäß Anspruch 12, einem Verfahren zum Senden eines Sensordatenpakets gemäß Anspruch 13 und einem Computerprogramm gemäß Anspruch 14 gelöst.

[0007] Die vorliegende Erfindung schafft eine batteriebetriebene stationäre Sensoranordnung mit unidirektionaler Datenübertragung. Die batteriebetriebene stationäre Sensoranordnung weist einen Sensor, eine Einrichtung zum Erzeugen von Datenpaketen und eine Einrichtung zum Senden von Datenpaketen auf. Der Sensor ist ausgebildet, um Sensordaten zu ermitteln und um ein Sensordatenpaket basierend auf den Sensordaten bereitzustellen, wobei die Sensordaten eine Datenmenge von weniger als 1 kbit aufweisen. Die Einrichtung zum Erzeugen von Datenpaketen ist ausgebildet, um das Sensordatenpaket in zumindest zwei Datenpakete aufzuteilen, wobei jedes der zumindest zwei Datenpakete kürzer ist als das Sensordatenpaket. Die Einrichtung zum Senden von Datenpaketen ist ausgebildet, um die Datenpakete mit einer Datenrate von weniger als 50 kbit/s und einem zeitlichen Abstand über einen Kommunikationskanal zu senden.

[0008] Bei Ausführungsbeispielen wird das Sensordatenpaket in zumindest zwei Datenpakete aufgeteilt, wobei die Datenpakete mit einer Datenrate von weniger als 50 kbit/s und einem zeitlichen Abstand über den Kommunikationskanal gesendet werden. Im Vergleich zu einer herkömmlichen batteriebetriebenen stationären Sensoranordnung, bei der das Sensordatenpaket über den Kommunikationskanal mit einer Datenrate von z. B. 100 kbit/s übertragen wird, erhöht sich das SNR-Verhältnis (SNR = signal to noise ratio, dt. Signal-zu-Rausch-Verhältnis) am Datenempfänger und damit auch die Reichweite. Darüber hinaus wird durch die Aufteilung des Sensordatenpakets in die zumindest zwei Datenpakete und durch die Übertragung der zumindest zwei Datenpakete über den Kommunikationskanal mit einem zeitlichen Abstand zum einen die Batteriebelastung und zum anderen die Übertragungsfehlerwahrscheinlichkeit reduziert.

[0009] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0010] Fig. 1 ein Blockschaltbild einer batteriebetriebenen stationären Sensoranordnung mit unidirektionaler Datenübertragung gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0011] Fig. 2 ein Blockschaltbild eines Systems mit einer batteriebetriebenen stationären Sensoranordnung und einem Datenempfänger gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0012] Fig. 3 ein Blockschaltbild eines Datenempfängers gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0013] Fig. 4 eine schematische Darstellung einer Verteilung von Datenpaketen auf unterschiedliche Sendefrequenzen gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0014] Fig. 5 eine zeitliche Auslastung eines Kommunikationskanals beim Aloha-Verfahren;

[0015] Fig. 6 in einem Diagramm verschiedene Möglichkeiten zur Erhöhung von E_b/N_0 bei einer Übertragung eines Telegramms gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0016] Fig. 7 ein Diagramm einer Wahrscheinlichkeit ein Telegramm zu empfangen als Funktion einer normierten Telegrammlänge;

[0017] Fig. 8 eine zeitliche Auslastung eines Kommunikationskanals bei einer Übertragung von n Datenpaketen gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0018] Fig. 9 ein Diagramm eine Wahrscheinlichkeit eines Telegrammfehlers in Abhängigkeit von der Anzahl an Datenpaketen für $f_N = 20$, $D_{\Sigma X} = 0,2$ und $P(XF_W) = 2,3 \cdot 10^{-10}$;

[0019] Fig. 10 ein Diagramm der Wahrscheinlichkeit eines Telegrammfehlers in Abhängigkeit von der Anzahl an Datenpaketen für $f_N = 20$, $D_{\Sigma X} = 0,5$ und $P(XF_W) = 1,0 \cdot 10^{-4}$; und

[0020] Fig. 11 ein Diagramm der Wahrscheinlichkeit eines Telegrammfehlers in Abhängigkeit von der Anzahl an Datenpaketen für $f_N = 20$, $D_{\Sigma X} = 0,8$ und $P(XF_W) = 1,1 \cdot 10^{-2}$.

[0021] In der nachfolgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele der Erfindung werden in den Figuren gleiche oder gleichwirkende Elemente mit dem gleichen Bezugszeichen versehen, so dass deren Beschreibung in den unterschiedlichen Ausführungsbeispielen untereinander austauschbar ist.

[0022] Fig. 1 zeigt ein Blockschaltbild einer batteriebetriebenen stationären Sensoranordnung **100** mit unidirektionaler Datenübertragung. Die batteriebetriebene stationäre Sensoranordnung **100** weist einen Sensor **102**, eine Einrichtung **104** zum Erzeugen von Datenpaketen und eine Einrichtung **106** zum Senden von Datenpaketen auf. Der Sensor **102** ist ausgebildet, um Sensordaten zu ermitteln und um ein Sensordatenpaket basierend auf den Sensordaten bereitzustellen, wobei die Sensordaten eine Datenmenge von weniger als 1 kbit aufweisen. Die Einrichtung **104** zum Erzeugen von Datenpaketen ist ausgebildet, um das Sensordatenpaket in zumindest zwei Datenpakete aufzuteilen, wobei jedes der zumindest zwei Datenpakete kürzer ist als das Sensordatenpaket. Die Einrichtung **106** zum Senden von Datenpaketen ist ausgebildet, um die Datenpakete mit einer Datenrate von weniger als 50 kbit/s und einem zeitlichen Abstand über einen Kommunikationskanal zu senden.

[0023] Bei Ausführungsbeispielen werden die Sensordaten zur Reichweitenerhöhung schmalbandig mit einer Datenrate von weniger als 50 kbit/s, z. B. mit 40 kbit/s, 30 kbit/s, 20 kbit/s oder 10 kbit/s, statt z. B. mit einer Datenrate von 100 kbit/s übertragen. In einem System **110** mit einer batteriebetriebenen stationären Sensoranordnung **100** (Datensender) mit unidirektionaler Datenübertragung (d. h. ohne Rückkanal) und einem Datenempfänger **120**, wie z. B. in Fig. 2 gezeigt, erhöht sich das SNR-Verhältnis am Datenempfänger **120** und damit auch die Reichweite. Als Konsequenz erhöht sich allerdings die Bitdauer und somit erhöht sich die ausgesendete Energie pro Bit in dem erfindungsgemäßen System **110** mit der niedrigen Datenrate. Da die Batterie in dem System **110** zeitlich nicht lange beansprucht werden darf, sondern nur für kurze Zeit einen höheren Strom liefern kann, stellt die längere Bitdauer ein Problem dar. Um eine lange Batterielebensdauer zu gewährleisten, sollten nur kurze Bursts ausgesendet werden. Deshalb wird das schmalbandige Sensordatenpaket in kleinere

Datenpakete (Teilpakete) unterteilt, um nur eine kurze pulsartige Belastung der Batterie zu erhalten. Ferner können die Datenpakete kanalcodiert sein, z. B. derart, dass nicht alle Datenpakete, sondern nur ein gewisser Anteil zum Decodieren der Informationen erforderlich ist.

[0024] Der Sensor **102** der batteriebetriebenen stationären Sensoranordnung **100** kann ein Sensor oder Zähler, wie z. B. ein Temperatursensor, Heizungs-Strom oder Wasserzähler sein, wobei die Sensordaten ein Sensorwert oder Zählerstand sein können. Das erfindungsgemäße System **110** mit der batteriebetriebenen stationären Sensoranordnung **100** (Datensender) und dem Datenempfänger **120** weist keinen Rückkanal auf. Der Datensender **100** kann die Sensordaten dabei zu einem pseudozufälligen Zeitpunkt aussenden, wobei der Datenempfänger **120** Sensordaten von mehreren (verschiedenen) Datensendern **100** empfangen kann.

[0025] Fig. 3 zeigt ein Blockschaltbild eines Datenempfängers **120** gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Der Datenempfänger **120** weist eine Einrichtung **122** zum Empfangen von Datenpaketen und eine Einrichtung **124** zum Auslesen des Sensordatenpakets auf. Die Einrichtung **122** zum Empfangen von Datenpaketen ist ausgebildet, um die zumindest zwei Datenpakete zu empfangen, und um die zumindest zwei Datenpakete zu kombinieren um das Sensordatenpaket zu ermitteln. Die Einrichtung **124** zum Auslesen des Sensordatenpakets ist ausgebildet, um die Sensordaten aus dem Sensordatenpaket zu ermitteln und um die Sensordaten der batteriebetriebenen stationären Sensoranordnung **100** zuzuordnen.

[0026] Zur Synchronisation des Datenpakets in dem Datenempfänger **120** kann die Einrichtung **104** zum Erzeugen von Datenpaketen der batteriebetriebenen stationären Sensoranordnung **100** ausgebildet sein, um eine Synchronisationssequenz in Teilsynchronisationssequenzen aufzuteilen, und um jedes Datenpaket mit einer der Teilsynchronisationssequenzen zu versehen.

[0027] Die Einrichtung **122** zum Empfangen der Datenpakete des Datenempfängers **120** kann dabei ausgebildet sein, um die Datenpakete in einem Empfangsdatenstrom basierend auf den Teilsynchronisationssequenzen zu lokalisieren, um die Datenpakete zu empfangen.

[0028] Zur Synchronisation der Datenpakete in dem Datenempfänger **120** können somit Synchronisationssequenzen genutzt werden. Synchronisationssequenzen sind deterministische oder pseudozufällige binäre Datenfolgen, z. B. PRBS-Sequenzen (PRBS = pseudo random bit stream, dt. pseudozufälliger Bitstrom), die zusammen mit den eigentlichen Nutzdaten bzw. Sensordaten in den Datenpaketen an den Datenempfänger **120** gesendet werden. Dem Datenempfänger **120** sind die Synchronisationssequenzen bekannt. Durch Korrelation des Empfangsdatenstroms mit der bekannten Synchronisationssequenz kann der Datenempfänger **120** die zeitliche Position der bekannten Synchronisationssequenz in dem Empfangsdatenstrom ermitteln. Dabei weist die Korrelationsfunktion an der Stelle der Synchronisationssequenz im Empfangsdatenstrom ein Korrelationspeak auf, der umso höher bzw. größer ist, desto besser der Empfangsdatenstrom mit der bekannten Synchronisationssequenz übereinstimmt. Um die burstartigen Datenpakete weiterhin kurz zu halten, kann zur Synchronisation auch die Synchronisationssequenz über die einzelnen kurzen Datenpakete verteilt werden, so dass das einzelne Datenpaket schlechtere Synchronisationseigenschaften aufweist, als die Synchronisation über mehrere Datenpakete. Um diesen Synchronisationseffekt zu nutzen, können die Zeitpunkte der aufeinanderfolgenden Datenpakete dem Datenempfänger **120** bekannt sein. Alternativ kann die Einrichtung zum Empfangen der Datenpakete des Datenempfängers **120** ausgebildet sein, um den zeitlichen Abstand der Datenpakete basierend auf den Teilsynchronisationssequenzen zu ermitteln, um die Teilsynchronisationssequenz in dem Empfangsdatenstrom zu lokalisieren. Da der Datensender **100** und der Datenempfänger **120** stationär sind und somit über einen langen Zeitraum unverändert bleiben, kann der Datenempfänger **120** ausgebildet sein, um über lernende Verfahren die Zeitabfolge der Datenpakete zu ermitteln.

[0029] Die Einrichtung **104** zum Erzeugen von Datenpaketen der batteriebetriebenen stationären Sensoranordnung **100** kann ausgebildet sein, um das Sensordatenpaket zusätzlich in zumindest drei Datenpakete aufzuteilen, wobei jedes der zumindest drei Datenpakete kürzer ist als das Sensordatenpaket. Ferner kann die Einrichtung **106** zum Senden von Datenpaketen der batteriebetriebenen stationären Sensoranordnung **100** ausgebildet sein, um die zumindest zwei Datenpakete mit einer ersten Sendefrequenz über den Kommunikationskanal zu senden, und um die zumindest drei Datenpakete mit einer zweiten Sendefrequenz über den Kommunikationskanal zu senden.

[0030] Die Einrichtung **122** zum Empfangen der Datenpakete des Datenempfängers **120** kann dabei ausgebildet sein, um die zumindest zwei Datenpakete auf einer ersten Sendefrequenz zu empfangen und/oder um die zumindest drei Datenpakete auf der zweiten Sendefrequenz zu empfangen, und um die zumindest zwei Datenpakete und/oder die zumindest drei Datenpakete zu kombinieren, um das Sensordatenpaket zu ermitteln.

[0031] Die Einrichtung **104** zum Erzeugen von Datenpaketen der batteriebetriebenen stationären Sensoranordnung **100** kann ferner ausgebildet sein, um die zumindest zwei Datenpakete mit einer ersten Code Rate (Informationsrate) zu codieren, und um die zumindest drei Datenpakete mit einer zweiten Code Rate (Informationsrate) zu codieren, wobei die erste Code Rate größer ist als die zweite Code Rate.

[0032] Um zusätzlich robust gegenüber Störungen oder existierenden bzw. anderen Systemen zu sein, können die Datenpakete auf unterschiedliche Übertragungsfrequenzen bzw. Sendefrequenzen (Kanäle) verteilt werden. Beispielsweise können die Datenpakete auf $n = 2$, $n = 3$, $n = 4$, $n = 5$, $n = 10$ oder $n = 20$ Kanäle verteilt werden.

[0033] Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung einer Verteilung von Datenpaketen auf unterschiedliche Sendefrequenzen gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. In Fig. 4 werden die Datenpakete beispielhaft auf drei Sendefrequenzen bzw. Frequenzkanäle aufgeteilt. Das zu übertragene Telegramm (Sensordatenpaket) weist beispielhaft eine Datenmenge von 75 Byte auf, wobei die Datenpakete beispielhaft mit einer Datenrate von 20 kbit/s über den Kommunikationskanal übertragen werden. Die Länge jedes Datenpakets beträgt dabei beispielsweise 10 ms (= 200 Bit), woraus sich eine Gesamttelegrammlänge von 220 s (Aktualisierungsrate bzw. Updaterate ca. 4 Minuten) ergibt.

[0034] In dem in Fig. 4 gezeigtem Ausführungsbeispiel ist die Einrichtung **104** zum Erzeugen von Datenpaketen der batteriebetriebenen stationären Sensoranordnung **100** ausgebildet, um das Sensordatenpaket in 12 Datenpakete aufzuteilen, um das Sensordatenpaket zusätzlich in 6 Datenpakete aufzuteilen, und um das Sensordatenpaket zusätzlich in 4 Datenpakete aufzuteilen. Ferner ist die Einrichtung **106** zum Senden der Datenpakete der batteriebetriebenen stationären Sensoranordnung **100** ausgebildet, um die 4 Datenpakete auf einer ersten Sendefrequenz (Kanal 1), die 6 Datenpakete auf einer zweiten Sendefrequenz (Kanal 2) und die 12 Datenpakete auf einer dritten Sendefrequenz (Kanal 3) zu senden.

[0035] Ferner können die Daten in den einzelnen Kanälen unterschiedlich codiert sein, um für verschiedene Anwendungsszenarien optimal zu sein. So könnte z. B. der Kanal 3 mit einer Rate von $\frac{1}{4}$ codiert sein, und häufiger Datenpakete auf diesem Kanal gesendet werden als im Kanal 1, indem weniger häufiger mit einer höheren Code Rate von z. B. $\frac{3}{4}$ gesendet wird. So wäre es möglich bei Störungen in dem einen oder anderen Kanal den jeweils anderen Kanal noch zu decodieren. Im ungestörten Fall würden die Datenpakete aller Kanäle MLE decodiert (MLE = maximum likelihood estimation, dt. Maximum-Likelihood-Schätzung) werden. Im ländlichen Umfeld, wo die Senderdichte geringer ist, würde mit der Code Rate und der hohen Paketsenderate eine hohe Reichweite erzielt werden können. Steigt die Senderdichte an, so kommt es in diesem Kanal zu vermehrter Kollision und Störungen. Bei hohen Senderdichten im urbanen Umfeld würde die geringere Senderate in Kanal 1 zu weniger Kollisionen führen, allerdings auch zu geringerer Reichweite aufgrund der höheren Code Rate. Allerdings ist bei hohen Senderdichten keine hohe Reichweite erforderlich, weil es aufgrund der vielen Kollisionen zu einer lastbedingten Reichweitenbegrenzung kommt. Lastbedingte Reichweitenbegrenzung bedeutet, dass aufgrund der auftretenden Kollisionen die stärkeren nahen Datensender (besserer Signal/Störabstand) codiert werden und die weiter entfernten, schwächeren Datensender überdeckt werden. Bei Ausführungsbeispielen kann es von Vorteil sein, bei hohen Senderdichten mit geringerer Code Rate zu senden, auch wenn dies zu einer höheren Latenz führt.

[0036] Im Folgenden werden die Verbesserungen und Vorteile der vorliegenden Erfindung gegenüber dem Stand der Technik näher beschrieben werden.

[0037] Fig. 5 zeigt eine zeitliche Auslastung eines Kommunikationskanals beim Aloha-Verfahren. Dabei beschreibt die Abzisse die Zeit und die Ordinate die Frequenz. Beim Aloha-Verfahren werden in einem Kanal von einem Datensender A Nutzdaten in sogenannten Telegrammen aufgeteilt in ein oder mehrere Datenpakete übertragen. Weiterhin übertragen im gleichen Kanal $n = 0$ andere Datensender X_i , X_j und X_k , mit $i \in \{1, \dots, n\}$, $j \in \{1, \dots, n\}$ und $k \in \{1, \dots, n\}$ ebenfalls Datenpakete. Überlappt die Übertragung eines Datenpakets eines Datensenders X zeitlich die Aussendung eines Datenpakets vom Datensender A, so wird, wie in Fig. 5 gezeigt, die Übertragung des Datenpakets vom Datensender A gestört. Die Aussendung von Datenpaketen der Datensender X geschähe zufällig.

[0038] Die Länge der Datenpakete des Datensenders A betrage T_A , die der Datensender X_i betrage T_{X_i} . Die Kanalbelegung eines einzelnen Datensenders X_i ist durch das sogenannte Tastverhältnis (engl. duty cycle) des jeweiligen Datensenders $D_{X_i} = \tau/T \in [0, 1]$ als Verhältnis der Sendezeit τ zur Betriebszeit T definiert. Ein Datensender kann dabei den Senderzustand S gleich ein (1) oder aus (0), also $S \in \{0, 1\}$ annehmen. Die Wahrscheinlichkeit für eine ungestörte Übertragung kann zu

$$P(A_A) = e^{-\frac{(T_A + T_X) D_{\Sigma X}}{T_X}}$$

approximiert werden. Dabei ist $D_{\Sigma X} = kD_X$ das Summentastverhältnis der störenden Datensender X.

[0039] Für den Empfang einer Übertragung wird am Datenempfänger **120** prinzipiell ein von der verwendeten Modulation und Kanalcodierung abhängiges E_b/N_0 benötigt. E_b bezeichnet dabei die Energie pro Bit, N_0 bezeichnet die Rauschleistungsdichte, die Leistung des Rauschens in einer normierten Bandbreite. Das SNR-Verhältnis (SNR = signal to noise ratio, dt. Signal-zu-Rausch-Verhältnis) ist definiert als

$$\text{SNR} = \frac{S}{N}$$

mit der Signalenergie S und der Rauschleistung N. Die Rauschleistung ist dabei auf eine bestimmte Bandbreite bezogen, es gilt $N = BN_0$ mit der Bandbreite B. Die Signalleistung berechnet sich zu $S = E_b D$. Es gilt damit

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{S}{N} \frac{B}{D}$$

oder

$$\frac{S}{N} = \frac{E_b}{N_0} \frac{D}{B}$$

mit der Datenrate D. Mit steigender Entfernung des Datenempfängers **120** zum Datensender A sinkt üblicherweise die empfangene Energie pro Bit E_b . Um nun die Reichweite einer Übertragung zu erhöhen, stehen prinzipiell verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung.

[0040] Beispielsweise kann die Sendeleistung erhöht werden, womit auch die Energie pro Bit E_b erhöht wird, was jedoch aus regulatorischer Sicht oft nicht anwendbar ist. Ferner kann eine Modulation oder Kanalcodierung mit geringem E_b/N_0 verwendet werden, wobei dies durch die Shannon Grenze begrenzt ist. Alternativ kann die Sendedauer des Telegramms (Sensordatenpakets) verlängert werden, wodurch die Datenrate verringert und die Energie pro Bit E_b erhöht wird, was der im Folgenden beschriebene Ansatzpunkt ist.

[0041] Fig. 6 zeigt in einem Diagramm verschiedene Möglichkeiten zur Erhöhung von E_b/N_0 bei einer Übertragung eines Telegramms (Sensordatenpakets) gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Dabei beschreibt die Abszisse die Zeit und die Ordinate die Frequenz. Eine Verringerung der Datenrate des Datensender A kann, wie in Fig. 6 illustriert, durch eine geringere Symbolrate (Sender B), durch die Verwendung einer geringeren Code Rate (Sender C) oder eine Kombination beider Wege (Sender D) erfolgen. Dadurch wird die benötigte Zeit für die Übertragung verlängert, der Datensender **100** kann so bei gleicher Sendeleistung und längerer Sendezeit mehr Energie abstrahlen.

[0042] Beispielsweise kann die Einrichtung zum Senden der Datenpakete ausgebildet sein, um die Datenpakete mit einer Symbolrate von weniger als $1 \cdot 10^6$ Symbole/s oder auch weniger als $5 \cdot 10^5$ Symbole/s, $3 \cdot 10^5$ Symbole/s, $2 \cdot 10^5$ Symbole/s bzw. $1 \cdot 10^5$ Symbole/s, und/oder einer Code Rate von weniger als 0,8 oder auch weniger als 0,5, 0,3, 0,25, bzw. 0,1 zu versehen.

[0043] Wird eine geringere Code Rate verwendet, wird für eine Übertragung allgemein ein geringeres E_b/N_0 benötigt. Allerdings erhöht sich die benötigte Bandbreite im Vergleich zur Verwendung einer langsameren Modulation. In allen skizzierten Fällen wird die Aussendung verlängert. Dieses führt im Fall der Verringerung der Symbolrate mit

$$P(A_A) = e^{-\frac{(T_A + T_X) D_{\Sigma X}}{T_X}}$$

zu einer Verringerung der Übertragungswahrscheinlichkeit.

[0044] Fig. 7 zeigt ein Diagramm einer Wahrscheinlichkeit ein Telegramm (Sensordatenpaket) zu empfangen als Funktion einer normierten Telegrammlänge. Dabei beschreibt die Abszisse die normierte Telegrammlänge f_N mit $f_N = T_A/T_X$ und die Ordinate die Wahrscheinlichkeit $P(A)$ das Telegramm zu empfangen.

[0045] Eine erste Kurve **150** beschreibt die Wahrscheinlichkeit $P(A)$, das Telegramm (Sensordatenpaket) zu empfangen, für $D_{\Sigma X} = 0,05$; eine zweite Kurve **152** beschreibt die Wahrscheinlichkeit $P(A)$, das Telegramm zu empfangen, für $D_{\Sigma X} = 0,10$; eine dritte Kurve **154** beschreibt die Wahrscheinlichkeit $P(A)$, das Telegramm zu empfangen, für $D_{\Sigma X} = 0,15$; eine vierte Kurve **156** beschreibt die Wahrscheinlichkeit $P(A)$, das Telegramm zu empfangen, für $D_{\Sigma X} = 0,20$; und eine fünfte Kurve **158** beschreibt die Wahrscheinlichkeit $P(A)$, das Telegramm zu empfangen, für $D_{\Sigma X} = 0,30$.

[0046] In Fig. 7 ist zu erkennen, dass die Wahrscheinlichkeit $P(A)$, das Telegramm (Sensordatenpaket) zu empfangen, mit steigender Telegrammlänge abfällt. Ferner fällt die Wahrscheinlichkeit $P(A)$, das Telegramm zu empfangen, mit steigendem Summentastverhältnis $D_{\Sigma X}$. Zur Erhöhung der Reichweite ist jedoch eine Verlängerung der Sendedauer des Telegramms (Sensordatenpakets) bzw. eine Verringerung der Datenrate erforderlich.

[0047] Bei Ausführungsbeispielen wird das Sensordatenpaket in zumindest zwei Datenpakete aufgeteilt, wobei die Datenpakete mit einer Datenrate von weniger als 50 kbit/s und einem zeitlichen Abstand über den Kommunikationskanal gesendet werden. Durch die Aufteilung des Sensordatenpakets in die zumindest zwei Datenpakete und durch die Übertragung der zumindest zwei Datenpakete über den Kommunikationskanal mit einem zeitlichen Abstand wird zum einen die Batteriebelastung und zum anderen die Übertragungsfehlerwahrscheinlichkeit reduziert, wie im Folgenden ausgeführt wird.

[0048] Das Telegramm (Sensordatenpaket) kann, wie beispielsweise in Fig. 8 illustriert, mit Hilfe mehrerer n (gleichgroßer) Datenpakete übertragen werden. Wird ein idealer Code angenommen, so müssen am Datenempfänger **120** bei Verwendung der Code Rate c mindestens $\lceil cn \rceil$ Datenpakete fehlerfrei empfangen werden, damit das Telegramm (Sensordatenpaket) fehlerfrei rekonstruierbar ist. Damit berechnet sich mit der Paketfehlerwahrscheinlichkeit $P(PF)$ die Wahrscheinlichkeit für einen Telegrammfehler $P(TF)$ mit $p = 1 - P(PF)$ zu

$$P(TF) = P(X < \lceil cn \rceil) = \sum_{k=0}^{\lceil cn \rceil - 1} (1-p)^{n-k} p^k \binom{n}{k}$$

[0049] Für die folgenden Betrachtungen wird davon ausgegangen, dass die ausgesendeten Datenpakete zu zufälligen Zeitpunkten ausgesendet werden. Ferner wird im Folgendem die Annahme gemacht, dass ein System X bereits in Betrieb ist. Die Aussendungen sollen zufällig erfolgen, die Datenmenge sei konstant für alle Datensender des Systems X , T_X sei die Sendedauer jedes Datensenders des Systems X . $D_{\Sigma X}$ sei das summierte Tastverhältnis aller Datensender des Systems X .

[0050] Es soll nun ein weiterer Datensender A betrieben werden, wobei sich der Datensender A auf die batteriebetriebene stationäre Sensoranordnung **100** bezieht. Der Datensender A wird von Aussendungen des bestehenden Systems X gestört. Datensender A soll die gleiche Datenmenge wie im System X übertragen sowie die gleiche Modulation verwenden.

[0051] Die Reichweite des Datensenders A soll gegenüber dem bestehenden System X durch die Erhöhung von E_b um den Faktor f_N vergrößert werden. Damit verlängert sich die Sendedauer des Telegramms um den Faktor f_N . Ein Telegramm wird in n einzelne Datenpakete aufgeteilt übertragen. T_T sei die gesamte Sendedauer eines Telegramms, $T_P = T_T/n$ sei die Sendedauer eines Datenpakets. Damit ergibt sich für die Paketfehlerrate

$$P(PF) = 1 - e^{-\frac{(T_P + T_X)D_{\Sigma X}}{T_X}} = 1 - e^{-\frac{(\frac{T_T}{n} + T_X)D_{\Sigma X}}{T_X}} = 1 - e^{-\frac{(f_N T_T + T_X)D_{\Sigma X}}{n T_X}} = 1 - e^{-\frac{f_N}{n} D_{\Sigma X}}$$

[0052] Danach steigt die Wahrscheinlichkeit eines Paketfehlers mit größerem f_N und sinkt mit größerem n , sie ist unabhängig von der Code Rate c .

[0053] Ein Datensender vom System X kann f_N Telegramme während der Sendezeit, die der Datensender A für ein Telegramm benötigt, senden. Dadurch erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass ein Telegramm eines Senders X in der Zeit übertragen werden kann, in der der Datensender A ein Telegramm überträgt.

[0054] Die Wahrscheinlichkeit für den Datensender X mit f_N übertragenen Telegrammen, bei welchem jedes eine Fehlerwahrscheinlichkeit von $P(XF)$ hat, keines zu empfangen, berechnet sich wie bei einem Wiederholungscode zu

$$P(XF_W) = P(XF)^{f_N}.$$

[0055] Die auf die Datensender vom System X normierte Bandbreite vom Datensender A berechnet sich zu

$$b_N = \frac{f_N}{c}.$$

[0056] Fig. 9 zeigt ein Diagramm eine Wahrscheinlichkeit eines Telegrammfehlers in Abhängigkeit von der Anzahl an Datenpaketen für $f_N = 20$, $D_{\Sigma X} = 0,2$ und $P(XF_W) = 2,3 \cdot 10^{-10}$. Eine erste Kurve **160** beschreibt die Wahrscheinlichkeit eines Telegrammfehlers für $c = 1$ und $b_N = 0,05$; eine zweite Kurve **162** beschreibt die Wahrscheinlichkeit eines Telegrammfehlers für $c = 0,5$ und $b_N = 0,1$; eine dritte Kurve **164** beschreibt die Wahrscheinlichkeit eines Telegrammfehlers für $c = 0,33$ und $b_N = 0,15$; eine vierte Kurve **166** beschreibt die Wahrscheinlichkeit eines Telegrammfehlers für $c = 0,25$ und $b_N = 0,20$; eine fünfte Kurve **168** beschreibt die Wahrscheinlichkeit eines Telegrammfehlers für $c = 0,13$ und $b_N = 0,4$; und eine sechste Kurve **170** beschreibt die Paketfehlerrate $P(PF)$.

[0057] Fig. 10 zeigt ein Diagramm der Wahrscheinlichkeit eines Telegrammfehlers in Abhängigkeit von der Anzahl an Datenpaketen für $f_N = 20$, $D_{\Sigma X} = 0,5$ und $P(XF_W) = 1,0 \cdot 10^{-4}$. Eine erste Kurve **172** beschreibt die Wahrscheinlichkeit eines Telegrammfehlers für $c = 1$ und $b_N = 0,05$; eine zweite Kurve **174** beschreibt die Wahrscheinlichkeit eines Telegrammfehlers für $c = 0,5$ und $b_N = 0,1$; eine dritte Kurve **176** beschreibt die Wahrscheinlichkeit eines Telegrammfehlers für $c = 0,33$ und $b_N = 0,15$; eine vierte Kurve **178** beschreibt die Wahrscheinlichkeit eines Telegrammfehlers für $c = 0,25$ und $b_N = 0,20$; eine fünfte Kurve **180** beschreibt die Wahrscheinlichkeit eines Telegrammfehlers für $c = 0,13$ und $b_N = 0,4$; und eine sechste Kurve **182** beschreibt die Paketfehlerrate $P(PF)$.

[0058] Fig. 11 zeigt ein Diagramm der Wahrscheinlichkeit eines Telegrammfehlers in Abhängigkeit von der Anzahl an Datenpaketen für $f_N = 20$, $D_{\Sigma X} = 0,8$ und $P(XF_W) = 1,1 \cdot 10^{-2}$. Eine erste Kurve **184** beschreibt die Wahrscheinlichkeit eines Telegrammfehlers für $c = 1$ und $b_N = 0,05$; eine zweite Kurve **186** beschreibt die Wahrscheinlichkeit eines Telegrammfehlers für $c = 0,5$ und $b_N = 0,1$; eine dritte Kurve **188** beschreibt die Wahrscheinlichkeit eines Telegrammfehlers für $c = 0,33$ und $b_N = 0,15$; eine vierte Kurve **190** beschreibt die Wahrscheinlichkeit eines Telegrammfehlers für $c = 0,25$ und $b_N = 0,20$; eine fünfte Kurve **192** beschreibt die Wahrscheinlichkeit eines Telegrammfehlers für $c = 0,13$ und $b_N = 0,4$; und eine sechste Kurve **194** beschreibt die Paketfehlerrate $P(PF)$.

[0059] In den Fig. 9 bis Fig. 11 ist zu erkennen, dass eine Aufteilung des Telegramms (Sensordatenpakets) in zumindest zwei Datenpakete, die mit einer Vorwärtsfehlerkorrektur (engl. forward error correction code) geschützt sind, die Übertragungswahrscheinlichkeit erhöht. Dieses kann auch unter dem Aspekt „Zeitdiversity“ gesehen werden. Dies ist die Grundlage des erfindungsgemäßen Konzepts, das Telegramm bzw. Sensordatenpaket mit einer Vorwärtsfehlerkorrektur zu versehen und in zumindest zwei Datenpakete aufzuteilen und diese zu pseudozufälligen Zeitpunkten zu übertragen. Dabei werden die Aussendungen der batteriebetriebenen stationären Sensoranordnung **100** länger gemacht (Datenrate verringert), um die Reichweite zu erhöhen. Mit dem skizzierten Verfahren wird dem normalerweise damit eingehendem Sinken der Übertragungssicherheit entgegengewirkt.

[0060] Bei Ausführungsbeispielen wird somit die Reichweite durch eine schmalbandigere Übertragung und zusätzliche Kanalcodierung erhöht. Ferner werden zur Verbesserung der Übertragungssicherheit (Störung durch andere Systeme) und zur geringeren Belastung der Batterie die schmalbandigen Sensordatenpakete in mehrere kurze Datenpakete aufgeteilt. Die Datenpakete können auch zusätzlich auf verschiedenen Frequenzbändern übertragen werden (engl. frequency hopping). Darüber hinaus werden zur besseren Synchronisation kurze Synchronisationssequenzen verwendet.

[0061] Weitere Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung schaffen ein Verfahren zum Senden eines Sensordatenpakets in einer batteriebetriebenen stationären Sensoranordnung mit unidirektionaler Datenübertragung. In einem ersten Schritt werden mit einem Sensor Sensordaten ermittelt und ein Sensordatenpaket basierend auf den Sensordaten bereitgestellt, wobei die Sensordaten eine Datenmenge von weniger als 1 kbit

aufweisen. In einem zweiten Schritt werden Datenpakete erzeugt, wobei bei der Erzeugung von Datenpaketen das Sensordatenpaket in zumindest zwei Datenpakete aufgeteilt wird, und wobei jedes der zumindest zwei Datenpakete größer ist als das Sensordatenpaket. In einem dritten Schritt werden die zumindest zwei Datenpakete mit einer Datenrate von weniger als 50 kbit/s und einem zeitlichen Abstand über einen Kommunikationskanal gesendet.

[0062] Weitere Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung beziehen sich auf ein drahtloses unidirektionales Übertragungsverfahren für Anwendungsgebiete mit einem stationären Datensender **100** und einem stationären Datenempfänger **120**, wobei der Datenempfänger vergleichsweise länger Zeit hat, um die Daten zu empfangen.

[0063] Obwohl manche Aspekte im Zusammenhang mit einer Vorrichtung beschrieben wurden, versteht es sich, dass diese Aspekte auch eine Beschreibung des entsprechenden Verfahrens darstellen, sodass ein Block oder ein Bauelement einer Vorrichtung auch als ein entsprechender Verfahrensschritt oder als ein Merkmal eines Verfahrensschrittes zu verstehen ist. Analog dazu stellen Aspekte, die im Zusammenhang mit einem oder als ein Verfahrensschritt beschrieben wurden, auch eine Beschreibung eines entsprechenden Blocks oder Details oder Merkmals einer entsprechenden Vorrichtung dar. Einige oder alle der Verfahrensschritte können durch einen Hardware-Apparat (oder unter Verwendung eines Hardware-Apparats), wie zum Beispiel einen Mikroprozessor, einen programmierbaren Computer oder eine elektronische Schaltung. Bei einigen Ausführungsbeispielen können einige oder mehrere der wichtigsten Verfahrensschritte durch einen solchen Apparat ausgeführt werden.

[0064] Je nach bestimmten Implementierungsanforderungen können Ausführungsbeispiele der Erfindung in Hardware oder in Software implementiert sein. Die Implementierung kann unter Verwendung eines digitalen Speichermediums, beispielsweise einer Floppy-Disk, einer DVD, einer Blu-ray Disc, einer CD, eines ROM, eines PROM, eines EPROM, eines EEPROM oder eines FLASH-Speichers, einer Festplatte oder eines anderen magnetischen oder optischen Speichers durchgeführt werden, auf dem elektronisch lesbare Steuersignale gespeichert sind, die mit einem programmierbaren Computersystem derart zusammenwirken können oder zusammenwirken, dass das jeweilige Verfahren durchgeführt wird. Deshalb kann das digitale Speichermedium computerlesbar sein.

[0065] Manche Ausführungsbeispiele gemäß der Erfindung umfassen also einen Datenträger, der elektronisch lesbare Steuersignale aufweist, die in der Lage sind, mit einem programmierbaren Computersystem derart zusammenzuwirken, dass eines der hierin beschriebenen Verfahren durchgeführt wird.

[0066] Allgemein können Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung als Computerprogrammprodukt mit einem Programmcode implementiert sein, wobei der Programmcode dahin gehend wirksam ist, eines der Verfahren durchzuführen, wenn das Computerprogrammprodukt auf einem Computer abläuft.

[0067] Der Programmcode kann beispielsweise auch auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert sein.

[0068] Andere Ausführungsbeispiele umfassen das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren, wobei das Computerprogramm auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert ist. Mit anderen Worten ist ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens somit ein Computerprogramm, das einen Programmcode zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren aufweist, wenn das Computerprogramm auf einem Computer abläuft.

[0069] Ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Verfahren ist somit ein Datenträger (oder ein digitales Speichermedium oder ein computerlesbares Medium), auf dem das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren aufgezeichnet ist.

[0070] Ein weiteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens ist somit ein Datenstrom oder eine Sequenz von Signalen, der bzw. die das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren darstellt bzw. darstellen. Der Datenstrom oder die Sequenz von Signalen kann bzw. können beispielsweise dahin gehend konfiguriert sein, über eine Datenkommunikationsverbindung, beispielsweise über das Internet, transferiert zu werden.

[0071] Ein weiteres Ausführungsbeispiel umfasst eine Verarbeitungseinrichtung, beispielsweise einen Computer oder ein programmierbares Logikbauelement, die dahin gehend konfiguriert oder angepasst ist, eines der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen.

[0072] Ein weiteres Ausführungsbeispiel umfasst einen Computer, auf dem das Computerprogramm zum Durchführen eines der hierin beschriebenen Verfahren installiert ist.

[0073] Ein weiteres Ausführungsbeispiel gemäß der Erfindung umfasst eine Vorrichtung oder ein System, die bzw. das ausgelegt ist, um ein Computerprogramm zur Durchführung zumindest eines der hierin beschriebenen Verfahren zu einem Empfänger zu übertragen. Die Übertragung kann beispielsweise elektronisch oder optisch erfolgen. Der Empfänger kann beispielsweise ein Computer, ein Mobilgerät, ein Speichergerät oder eine ähnliche Vorrichtung sein. Die Vorrichtung oder das System kann beispielsweise einen Datei-Server zur Übertragung des Computerprogramms zu dem Empfänger umfassen.

[0074] Bei manchen Ausführungsbeispielen kann ein programmierbares Logikbauelement (beispielsweise ein feldprogrammierbares Gatterarray, ein FPGA) dazu verwendet werden, manche oder alle Funktionalitäten der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen. Bei manchen Ausführungsbeispielen kann ein feldprogrammierbares Gatterarray mit einem Mikroprozessor zusammenwirken, um eines der hierin beschriebenen Verfahren durchzuführen. Allgemein werden die Verfahren bei einigen Ausführungsbeispielen seitens einer beliebigen Hardwarevorrichtung durchgeführt. Diese kann eine universell einsetzbare Hardware wie ein Computerprozessor (CPU) sein oder für das Verfahren spezifische Hardware, wie beispielsweise ein ASIC.

[0075] Die oben beschriebenen Ausführungsbeispiele stellen lediglich eine Veranschaulichung der Prinzipien der vorliegenden Erfindung dar. Es versteht sich, dass Modifikationen und Variationen der hierin beschriebenen Anordnungen und Einzelheiten anderen Fachleuten einleuchten werden. Deshalb ist beabsichtigt, dass die Erfindung lediglich durch den Schutzbereich der nachstehenden Patentansprüche und nicht durch die spezifischen Einzelheiten, die anhand der Beschreibung und der Erläuterung der Ausführungsbeispiele hierin präsentiert wurden, beschränkt sei.

Patentansprüche

1. Batteriebetriebene stationäre Sensoranordnung mit unidirektionaler Datenübertragung, mit folgenden Merkmalen:

einem Sensor zum Ermitteln von Sensordaten und zum Bereitstellen eines Sensordatenpakets basierend auf den Sensordaten, wobei die Sensordaten eine Datenmenge von weniger als 1 kbit aufweisen;

einer Einrichtung zum Erzeugen von Datenpaketen, die ausgebildet ist, um das Sensordatenpaket in zumindest zwei Datenpakete aufzuteilen, wobei jedes der zumindest zwei Datenpakete kürzer ist als das Sensordatenpaket; und

einer Einrichtung zum Senden von Datenpaketen, die ausgebildet ist, um die Datenpakete mit einer Datenrate von weniger als 50 kbit/s und einem zeitlichen Abstand über einen Kommunikationskanal zu senden;

wobei die Einrichtung zum Erzeugen von Datenpaketen ausgebildet ist, um eine Synchronisationssequenz in Teilsynchronisationssequenzen aufzuteilen, und um jedes Datenpaket mit einer der Teilsynchronisationssequenzen zur Synchronisation des Datenpakets in einem Datenempfänger zu versehen.

2. Batteriebetriebene stationäre Sensoranordnung mit unidirektionaler Datenübertragung, mit folgenden Merkmalen:

einem Sensor zum Ermitteln von Sensordaten und zum Bereitstellen eines Sensordatenpakets basierend auf den Sensordaten, wobei die Sensordaten eine Datenmenge von weniger als 1 kbit aufweisen;

einer Einrichtung zum Erzeugen von Datenpaketen, die ausgebildet ist, um das Sensordatenpaket in zumindest zwei Datenpakete aufzuteilen, wobei jedes der zumindest zwei Datenpakete kürzer ist als das Sensordatenpaket; und

einer Einrichtung zum Senden von Datenpaketen, die ausgebildet ist, um die Datenpakete mit einer Datenrate von weniger als 50 kbit/s und einem zeitlichen Abstand über einen Kommunikationskanal zu senden;

wobei die Einrichtung zum Erzeugen von Datenpaketen ausgebildet ist, um das Sensordatenpaket zusätzlich in zumindest drei Datenpakete aufzuteilen, wobei jedes der zumindest drei Datenpakete kürzer ist als das Sensordatenpaket; und

wobei die Einrichtung zum Senden von Datenpaketen ausgebildet ist, um die zumindest zwei Datenpakete mit einer ersten Sendefrequenz über den Kommunikationskanal zu senden, und um die zumindest drei Datenpakete mit einer zweiten Sendefrequenz über den Kommunikationskanal zu senden.

3. Batteriebetriebene stationäre Sensoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Einrichtung zum Senden der Datenpakete ausgebildet ist, um den zeitlichen Abstand der Datenpakete derart zu wählen, dass eine Batteriebelastung der batteriebetriebenen stationären Sensoranordnung reduziert ist.

4. Batteriebetriebene stationäre Sensoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Einrichtung zum Senden der Datenpakete ausgebildet ist, um die Datenpakete mit einer Symbolrate von weniger als 10^6 Symbole/s und/oder einer Code Rate von weniger als 0,8 zu versehen.

5. Batteriebetriebene stationäre Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei die Einrichtung zum Erzeugen von Datenpaketen ausgebildet ist, um die zumindest zwei Datenpakete mit einer ersten Code Rate zu codieren, und um die zumindest drei Datenpakete mit einer zweiten Code Rate zu codieren, wobei die erste Code Rate größer ist als die zweite Code Rate.

6. Batteriebetriebene stationäre Sensoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Einrichtung zum Senden der Datenpakete ausgebildet ist, um die Datenpakete mit einer Datenrate von weniger als 10 kbit/s zu senden.

7. System mit einer batteriebetriebenen stationären Sensoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche und einem Datenempfänger zum Empfangen des Sensordatenpakets, wobei der Datenempfänger folgende Merkmale aufweist:

eine Einrichtung zum Empfangen von Datenpaketen, die ausgebildet ist, um die zumindest zwei Datenpakete zu empfangen, und um die zumindest zwei Datenpakete zu kombinieren um das Sensordatenpaket zu ermitteln; und

eine Einrichtung zum Auslesen des Sensordatenpakets, die ausgebildet ist, um die Sensordaten aus dem Sensordatenpaket zu ermitteln und um die Sensordaten der batteriebetriebenen stationären Sensoranordnung zuzuordnen.

8. System nach Anspruch 7, wobei die zumindest zwei Datenpakete jeweils eine Teilsynchronisationssequenz zur Synchronisation des Datenpakets in dem Datenempfänger aufweisen; und wobei die Einrichtung zum Empfangen der Datenpakete ausgebildet ist, um die Datenpakete in einem Empfangsdatenstrom basierend auf den Teilsynchronisationssequenzen zu lokalisieren, um die Datenpakete zu empfangen.

9. System nach Anspruch 8, wobei die Einrichtung zum Empfangen der Datenpakete ausgebildet ist, um den zeitlichen Abstand der Datenpakete basierend auf den Teilsynchronisationssequenzen zu ermitteln, um die Teilsynchronisationssequenzen in dem Empfangsdatenstrom zu lokalisieren.

10. System nach einem der Ansprüche 7 bis 9, wobei das Sensordatenpaket in zumindest zwei Datenpakete aufgeteilt mit einer ersten Sendefrequenz und zusätzlich in zumindest drei Datenpakete aufgeteilt mit einer zweiten Sendefrequenz über den Kommunikationskanal gesendet wird; wobei die Einrichtung zum Empfangen der Datenpakete ausgebildet ist, um die zumindest zwei Datenpakete auf einer ersten Sendefrequenz zu empfangen und/oder um die zumindest drei Datenpakete auf der zweiten Sendefrequenz zu empfangen, und um die zumindest zwei Datenpakete und/oder die zumindest drei Datenpakete zu kombinieren um das Sensordatenpaket zu ermitteln.

11. System nach Anspruch 10, wobei die zumindest zwei Datenpakete mit einer ersten Code Rate codiert und die zumindest drei Datenpakete mit einer zweiten Code Rate codiert über den Kommunikationskanal gesendet werden; wobei die Einrichtung zum Empfangen der Datenpakete ausgebildet ist, um die zumindest zwei Datenpakete zu dekodieren und/oder um die zumindest drei Datenpakete zu decodieren.

12. Verfahren zum Senden eines Sensordatenpakets in einer batteriebetriebenen stationären Sensoranordnung mit unidirektionaler Datenübertragung, mit folgenden Schritten:

Ermitteln von Sensordaten mit einem Sensor und Bereitstellen eines Sensordatenpakets basierend auf den Sensordaten, wobei die Sensordaten eine Datenmenge von weniger als 1 kbit aufweisen;

Erzeugen von Datenpaketen, wobei bei der Erzeugung von Datenpaketen das Sensordatenpaket in zumindest zwei Datenpakete aufgeteilt wird, und wobei jedes der zumindest zwei Datenpakete kürzer ist als das Sensordatenpaket; und

Senden der zumindest zwei Datenpakete mit einer Datenrate von weniger als 50 kbit/s und einem zeitlichen Abstand über einen Kommunikationskanal;

wobei bei der Erzeugung von Datenpaketen eine Synchronisationssequenz in Teilsynchronisationssequenzen aufgeteilt wird und jedes Datenpaket mit einer der Teilsynchronisationssequenzen zur Synchronisation des Datenpakets in einem Datenempfänger versehen wird.

13. Verfahren zum Senden eines Sensordatenpakets in einer batteriebetriebenen stationären Sensoranordnung mit unidirektionaler Datenübertragung, mit folgenden Schritten:

Ermitteln von Sensordaten mit einem Sensor und Bereitstellen eines Sensordatenpakets basierend auf den Sensordaten, wobei die Sensordaten eine Datenmenge von weniger als 1 kbit aufweisen;
Erzeugen von Datenpaketen, wobei bei der Erzeugung von Datenpaketen das Sensordatenpaket in zumindest zwei Datenpakete aufgeteilt wird, wobei jedes der zumindest zwei Datenpakete kürzer ist als das Sensordatenpaket, und wobei bei der Erzeugung von Datenpaketen das Sensordatenpaket zusätzlich in zumindest drei Datenpakete aufgeteilt wird, wobei jedes der zumindest drei Datenpakete kürzer ist als das Sensordatenpaket;
Senden der zumindest zwei Datenpakete und der zumindest drei Datenpakete mit einer Datenrate von weniger als 50 kbit/s und einem zeitlichen Abstand über einen Kommunikationskanal, wobei die zumindest zwei Datenpakete mit einer ersten Sendefrequenz über den Kommunikationskanal gesendet werden, und wobei die zumindest drei Datenpakete mit einer zweiten Sendefrequenz über den Kommunikationskanal gesendet werden.

14. Computerprogramm mit einem Programmcode zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 12 oder 13, wenn das Computerprogramm auf einem Computer oder Mikroprozessor abläuft.

Es folgen 10 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

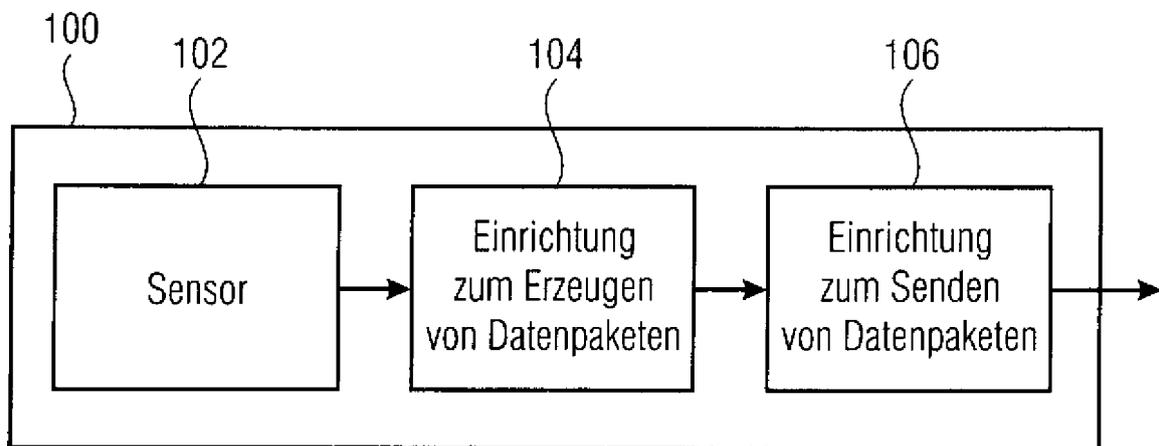


FIG 1

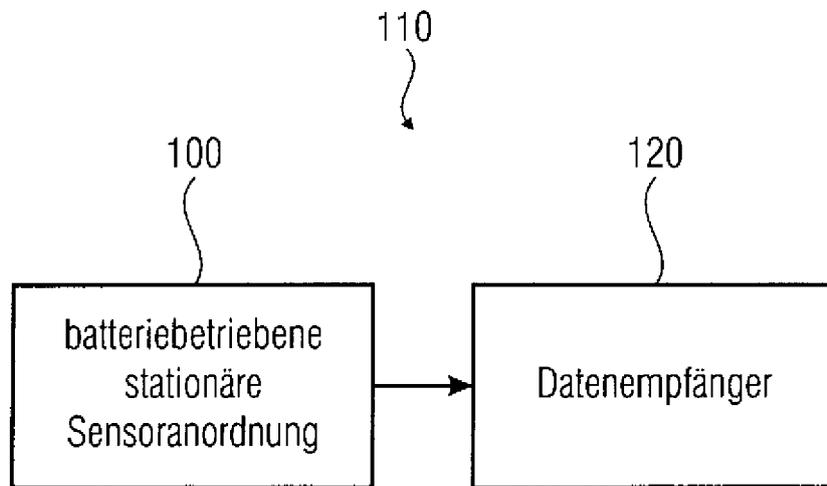


FIG 2

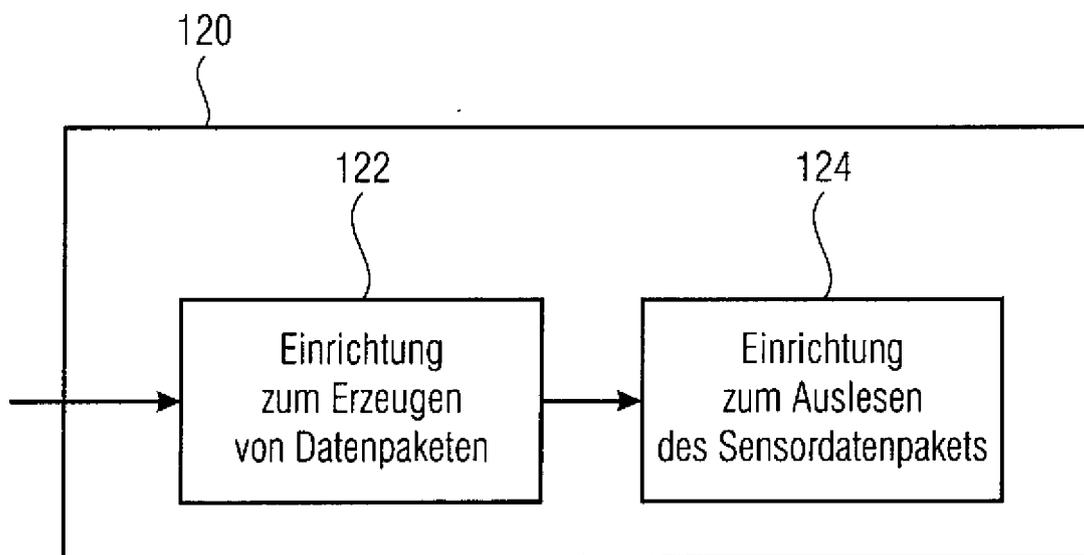


FIG 3

Beispiel: Übertragung 75 Byte Datenpaket

Datenrate: 20 kBit/s

Paketlänge: 10 ms (= 200 Bit)

Gesamtlegrammlänge: 220 s (-> Updaterate ca. 4 min)

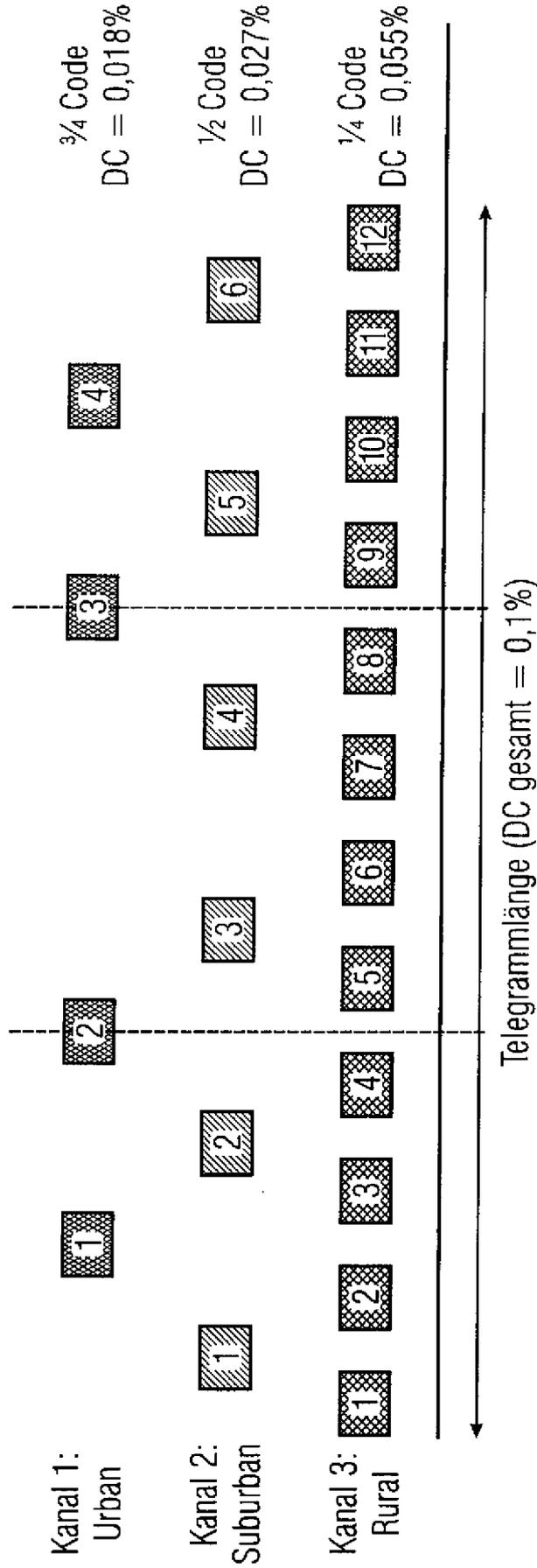


FIG 4

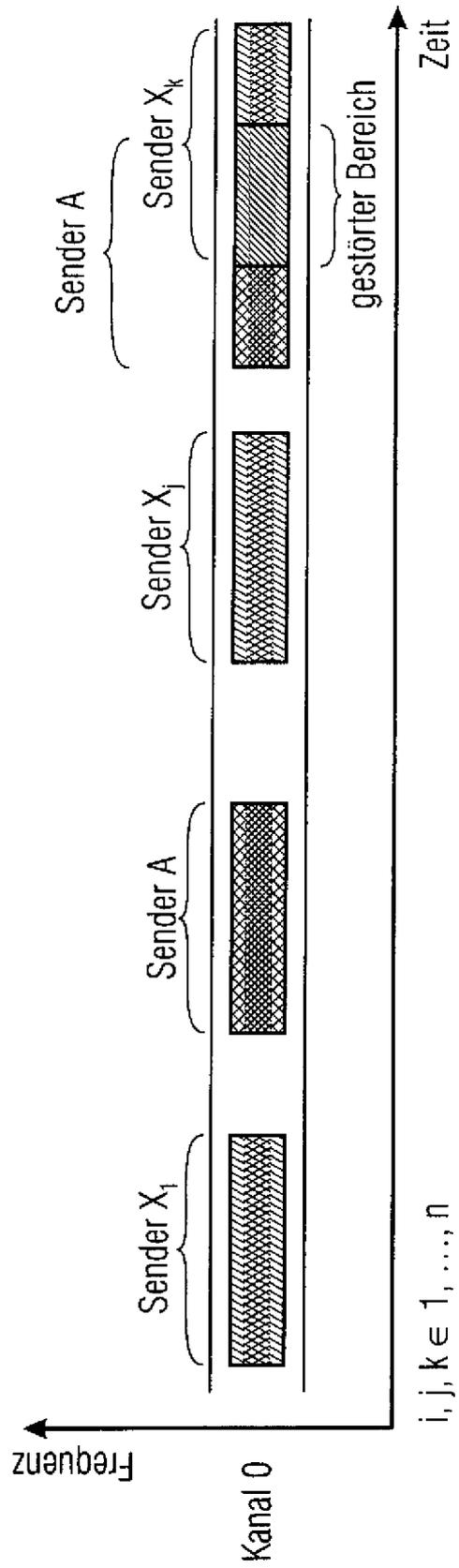


FIG 5

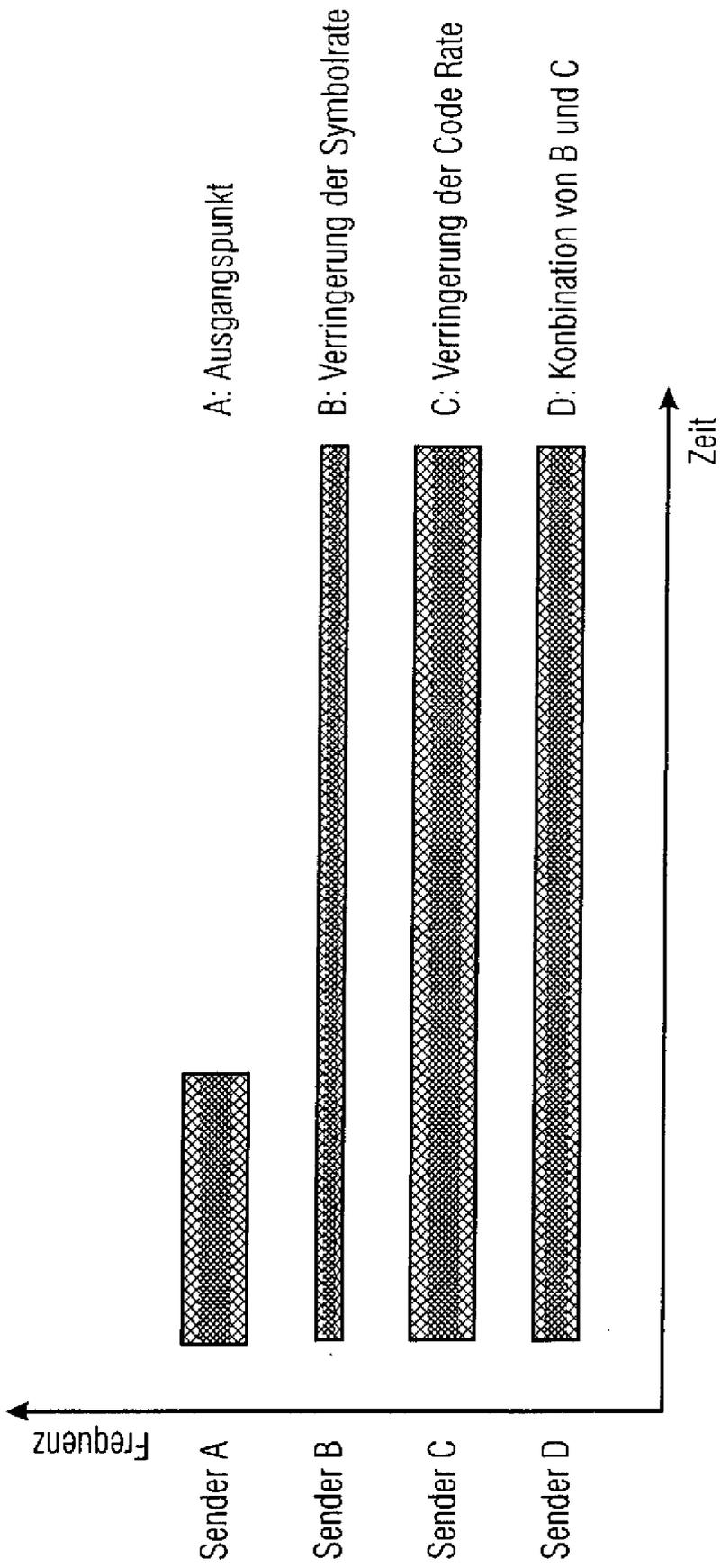


FIG 6

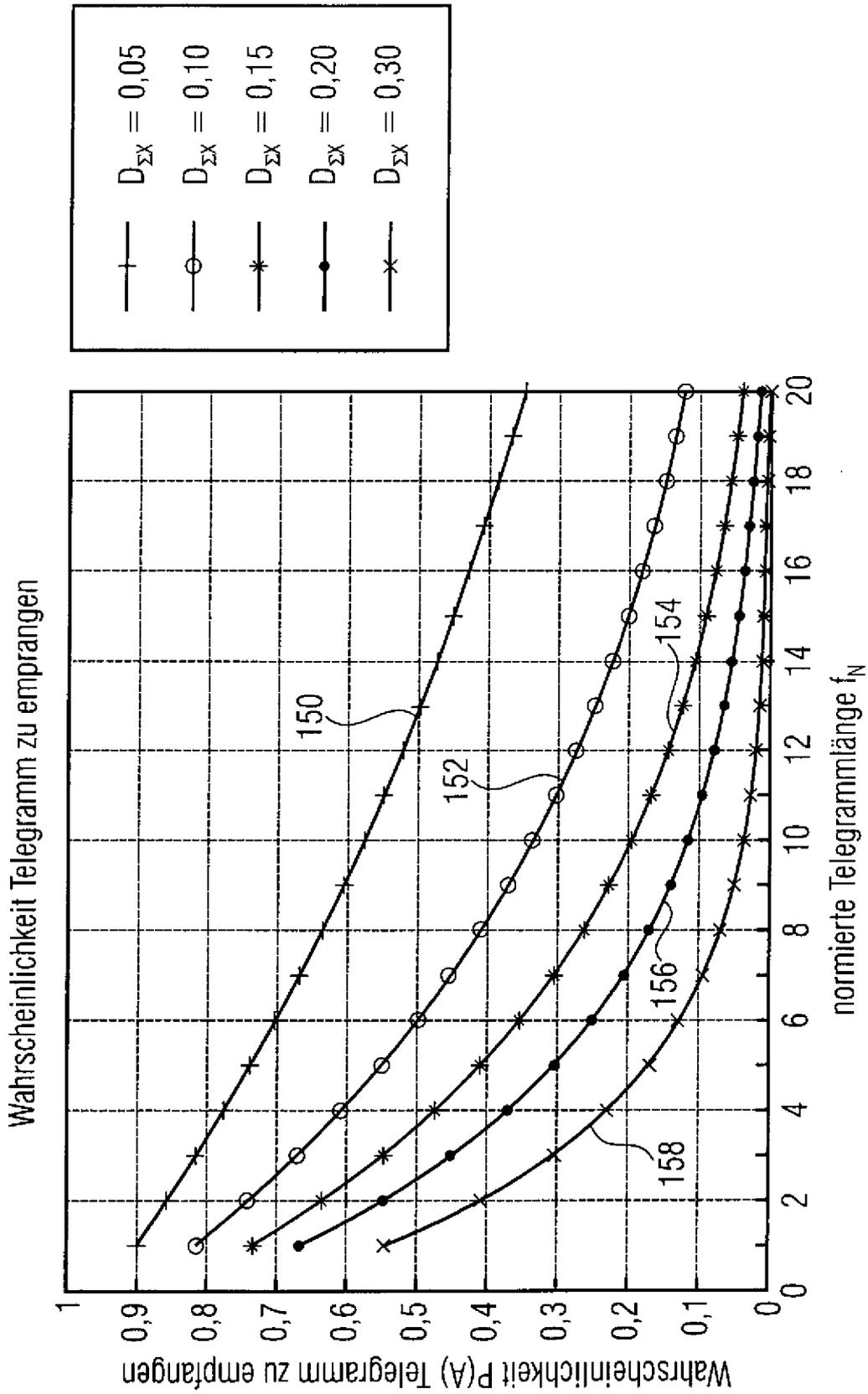


FIG 7

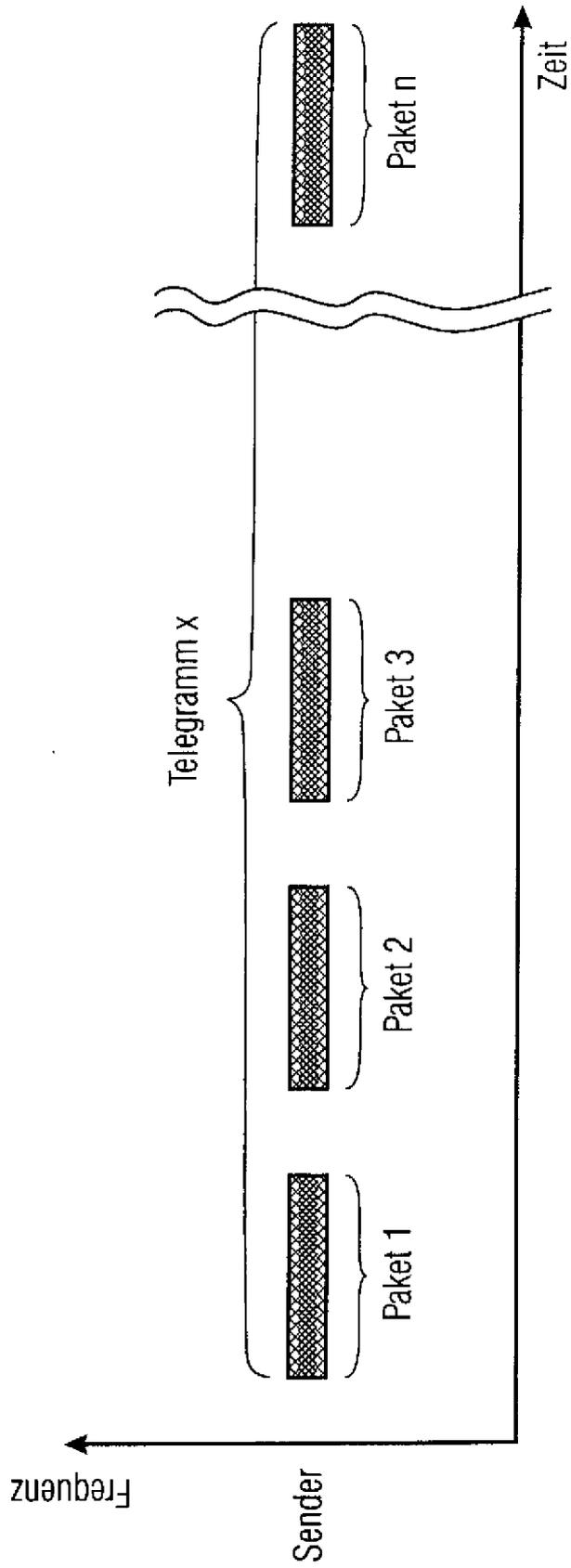


FIG 8

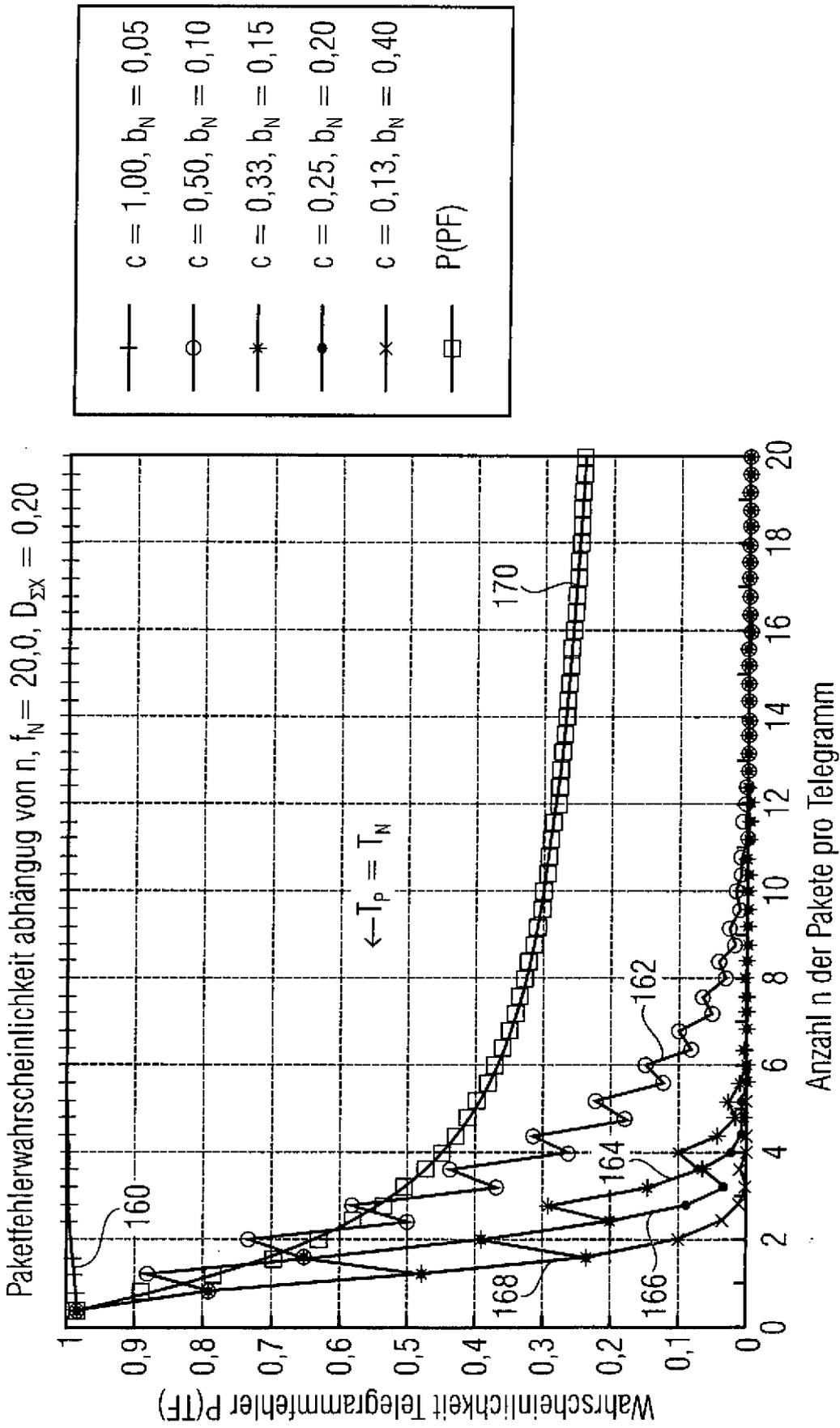


FIG 9

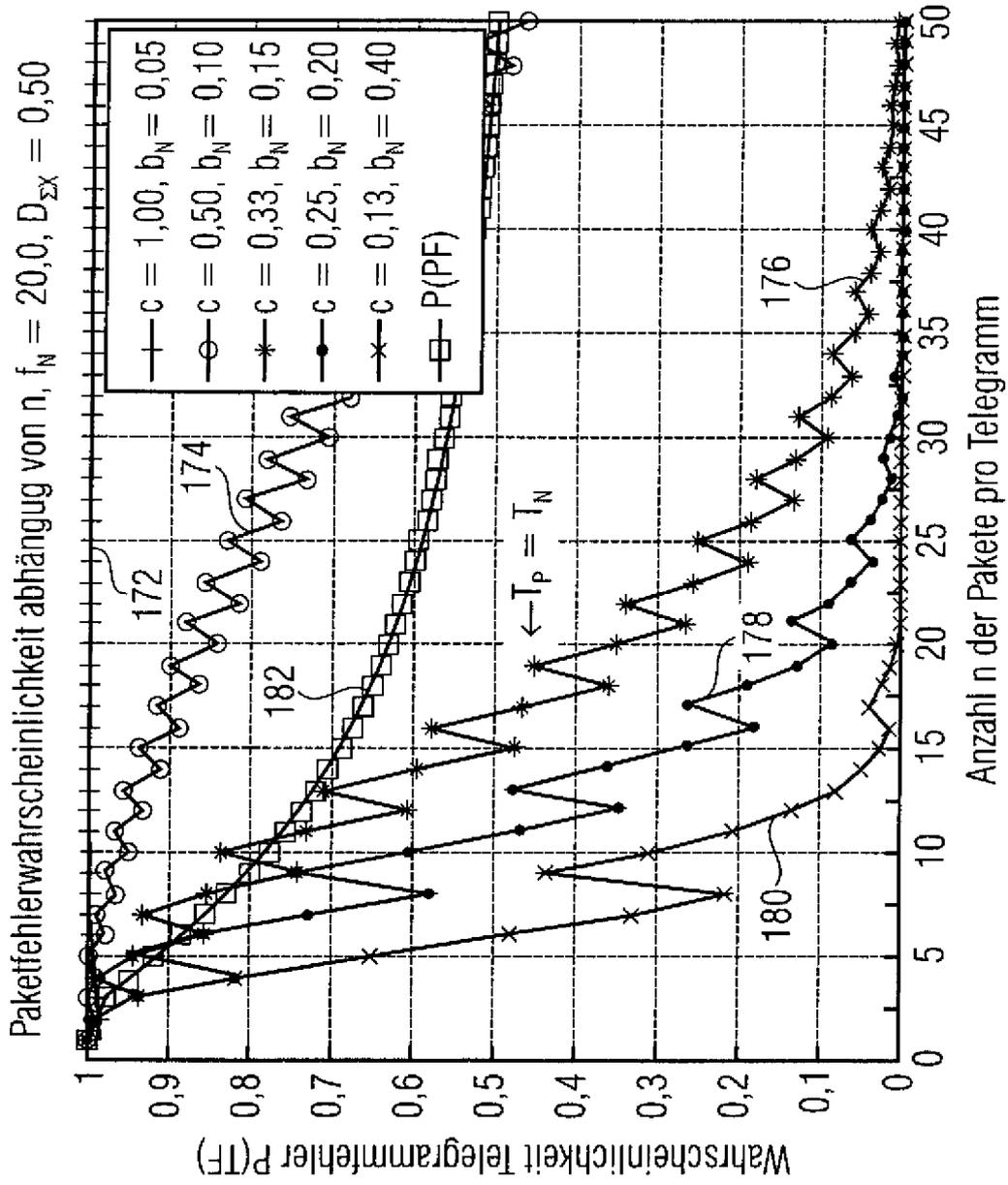


FIG 10

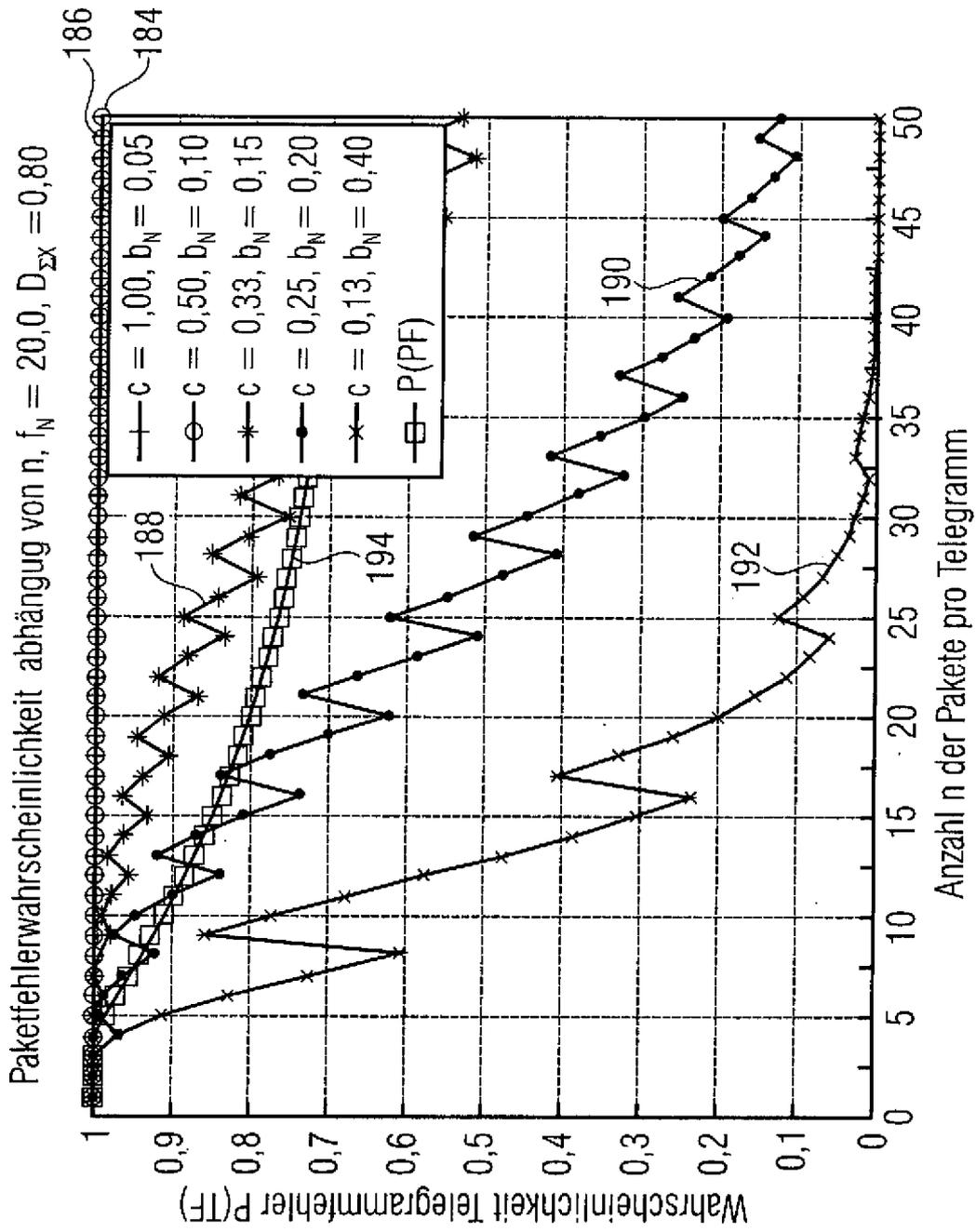


FIG 11