

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
24. Oktober 2019 (24.10.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/202002 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation:
H04L 1/00 (2006.01) *H04B 1/713* (2011.01)
H04J 1/00 (2006.01) *H04B 1/00* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/059941
- (22) Internationales Anmeldedatum:
17. April 2019 (17.04.2019)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2018 206 159.9
20. April 2018 (20.04.2018) DE
- (71) Anmelder: **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.** [DE/DE]; Hansastraße 27c, 80686 München (DE).
- (72) Erfinder: **KILIAN, Gerd**; c/o Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS, Am Wolfsmantel 33, 91058 Erlangen (DE). **KNEISSL, Jakob**; c/o Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS, Am Wolfsmantel 33, 91058 Erlangen (DE). **GAMM, Eberhard**; Kirchenweg 15, 91320 Ebermannstadt (DE). **BERNHARD, Josef**; c/o Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS, Am Wolfsmantel 33, 91058 Erlangen (DE). **KOCH, Robert**; c/o Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS, Am Wolfsmantel 33, 91058 Erlangen (DE). **KOHLMANN, Martin**; c/o Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS, Am Wolfsmantel 33, 91058 Erlangen (DE).

(54) Title: PACKET DETECTOR/DECODER FOR A RADIO TRANSMISSION SYSTEM

(54) Bezeichnung: PAKET-DETEKTOR/DECODER FÜR EIN FUNKÜBERTRAGUNGSSYSTEM

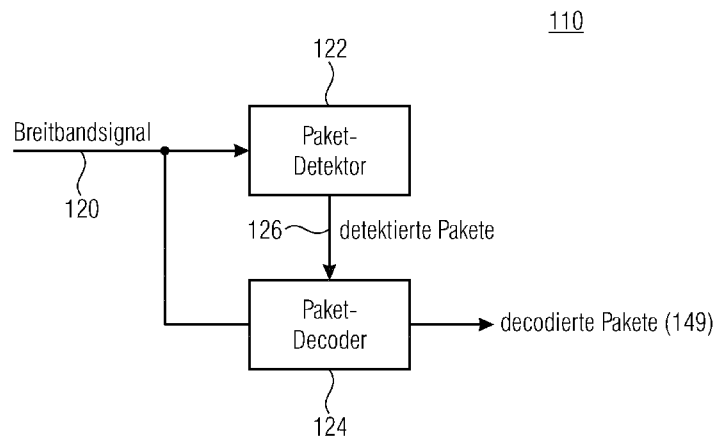


Fig. 3

- 120 Broadband signal
122 Packet detector
126 Detected packet
124 Packet decoder
149 Decoded packet

(57) Abstract: Illustrative embodiments of the invention provide a data receiver, wherein the data receiver is designed to receive a broadband signal, wherein the broadband signal has at least two partial data packets which are distributed in the time and/or frequency domains, wherein the data receiver is designed to detect the at least two partial data packets in the broadband signal, and to provide at least one detection parameter for the detected partial data packets, wherein the data receiver is designed to perform a decoding of the detected partial data packets using the at least one detection parameter, wherein the data receiver is designed to carry out or process the detection and the decoding separately from one another.

(57) Zusammenfassung: Ausführungsbeispiele schaffen einen Datenempfänger, wobei der Datenempfänger ausgebildet ist, um ein



WO 2019/202002 A2

(74) **Anwalt: SCHLENKER, Julian** et al.; Schoppe, Zimmermann, Stöckeler, Zinkler, Schenk & Partner mbB, Radlkoferstr. 2, 81373 München (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

Breitbandssignal zu empfangen, wobei das Breitbandssignal zumindest zwei Teil-Datenpakete aufweist, die in der Zeit und/oder Frequenz verteilt sind, wobei der Datenempfänger ausgebildet ist, um eine Detektion der zumindest zwei Teil-Datenpakete in dem Breitbandssignal durchzuführen, und um zumindest einen Detektionsparameter für die detektierten Teil-Datenpakete bereitzustellen, wobei der Datenempfänger ausgebildet ist, um unter Verwendung des zumindest einen Detektionsparameters eine Decodierung der detektierten Teil-Datenpakete durchzuführen, wobei der Datenempfänger ausgebildet ist, um die Detektion und die Decodierung getrennt voneinander durchzuführen oder zu verarbeiten.

Paket-Detektor/Decoder für ein Funkübertragungssystem

Beschreibung

5

Ausführungsbeispiele beziehen sich auf einen Datenempfänger und, im speziellen, auf einen Datenempfänger zum Empfangen eines Breitbandsignals, das mehrere Teil-Datenpakete aufweist, die entsprechend eines Zeitfrequenzsprungmusters in der Zeit und Frequenz verteilt sind. Manche Ausführungsbeispiele beziehen sich auf einen Paket-Detektor/Decoder für ein Funkübertragungssystem.

Aus der DE 10 2011 082 098 B4 ist ein Telegram-Splitting basiertes Funkübertragungssystem bekannt, bei dem ein zu übertragendes Datenpaket (oder Telegramm) auf eine Mehrzahl von Teil-Datenpaketen aufgeteilt wird, wobei die Mehrzahl von Teil-Datenpaketen jeweils kürzer sind als das Datenpaket, und wobei die Mehrzahl von Teil-Datenpaketen entsprechend eines Zeitfrequenzsprungmusters in der Zeit und Frequenz verteilt übertragen werden.

Bei der gleichzeitigen bzw. zeitlich überlappenden Aussendung einer Vielzahl von in Teil-Datenpaketen aufgeteilten Datenpaketen durch eine Vielzahl von Datensendern, steigt die im Datenempfänger erforderliche Rechenleistung zur Detektion und Decodierung der Teil-Datenpakete erheblich.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die im Datenempfänger erforderliche Rechenleistung für die Detektion und Decodierung von Teil-Datenpaketen zu reduzieren.

Diese Aufgabe wird durch die unabhängigen Patentansprüche gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen finden sich in den abhängigen Patentansprüchen.

30

Ausführungsbeispiele schaffen einen Datenempfänger, wobei der Datenempfänger ausgebildet ist, um ein Breitbandsignal zu empfangen, wobei das Breitbandsignal zumindest zwei Teil-Datenpakete aufweist [z.B. wobei die zumindest zwei Teil-Datenpakete unterschiedliche Teile eines Datenpakets aufweisen], die [z.B. entsprechend eines Sprungmusters] in der Zeit und/oder Frequenz verteilt sind, wobei der Datenempfänger [z.B. einen Detektor aufweist, der] ausgebildet ist, um eine Detektion der zumindest zwei Teil-Datenpakete in dem Breitbandsignal durchzuführen, und um zumindest einen

35

Detektionsparameter [z.B. Detektionszeitpunkt und/oder Detektionsfrequenz] für die detektierten Teil-Datenpakete bereitzustellen [beispielsweise um einen Detektionsparameter (z.B. Detektionszeitpunkt und/oder Detektionsfrequenz) für jedes der detektierten Teil-Datenpakete bereitzustellen oder beispielsweise um nur einen Detektionsparameter (z.B. (Referenz-)Detektionszeitpunkt und/oder (Referenz-)Detektionsfrequenz) für das Sprungmuster der zumindest zwei Teil-Datenpakete bereitzustellen, wobei durch die Definition des Sprungmusters Empfangszeitpunkte und/oder Empfangsfrequenzen der zumindest zwei Teil-Datenpakete implizit bekannt sind], wobei der Datenempfänger [z.B. einen Decoder aufweist, der] ausgebildet ist, um unter Verwendung des zumindest einen Detektionsparameters eine Decodierung der detektierten Teil-Datenpakete durchzuführen, wobei der Datenempfänger ausgebildet ist, um die Detektion [der zumindest zwei Teil-Datenpakete] und die Decodierung [der detektierten Teil-Datenpakete] getrennt voneinander durchzuführen oder zu verarbeiten.

Bei Ausführungsbeispielen können sich die Detektionsparameter beispielsweise auf die Datenpakete in dem Sinne beziehen, dass sie einen Referenzpunkt spezifizieren, von dem aus mit Hilfe eines Sprungmusters eine Lokalisierung der Teil-Datenpakete erfolgen kann. Am Referenzpunkt selbst befindet sich in der Regel aber kein Teil-Datenpaket, da in den Sprungmustern in der Regel kein Teil-Datenpaket mit Zeitoffset = 0 und Frequenzoffset = 0 enthalten ist.

Bei Ausführungsbeispielen ermöglichen die Detektionsparameter eine Lokalisierung der Teil-Datenpakete der detektierten Datenpakete, indem sie als Referenzpunkte für die Sprungmuster dienen.

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger [z.B. der Detektor des Datenempfängers] ausgebildet sein, um die Detektion kontinuierlich durchzuführen.

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger [z.B. der Decoder des Datenempfängers] ausgebildet sein, um die Decodierung in Abhängigkeit von einer zur Verfügung stehenden Rechenleistung des Datenempfängers durchzuführen [beispielsweise um die Decodierung eines der detektierten Teil-Datenpakete durchzuführen, wenn hierfür genügend Rechenleistung zur Verfügung steht].

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger ausgebildet sein, um die Detektion und die Decodierung in verschiedenen [z.B. getrennten] Prozessen auszuführen oder zu verarbeiten.

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger ausgebildet sein, um die Detektion und die Decodierung auf verschiedenen [z.B. getrennten] Prozessoren des Datenempfängers oder auf verschiedenen [z.B. getrennten] Prozessorkernen oder Threads eines Prozessors des Datenempfängers auszuführen oder zu verarbeiten.

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger getrennte Signalverarbeitungseinrichtungen [z.B. Detektor im FPGA, Decoder im DSP oder GPP] aufweisen, die über eine Datenschnittstelle miteinander verbunden sind, wobei der Datenempfänger ausgebildet ist, um die Detektion und die Decodierung auf unterschiedlichen Signalverarbeitungseinrichtungen auszuführen oder zu verarbeiten.

Bei Ausführungsbeispielen können die zumindest zwei Teil-Datenpakete eine erste Mehrzahl von Teil-Datenpaketen und eine zweite Mehrzahl von Teil-Datenpaketen umfassen, wobei die erste Mehrzahl von Teil-Datenpaketen erste Daten [z.B. ein erstes Telegramm oder ein erstes Teil-Datenpaket] aufweisen, die aufgeteilt auf die erste Mehrzahl von Teil-Datenpaketen [z.B. entsprechend eines Sprungmusters] auf mehreren Frequenzkanälen verteilt und zu unterschiedlichen Zeitpunkten übertragen werden, wobei die zweite Mehrzahl von Teil-Datenpaketen zweite Daten [z.B. ein zweites Telegramm oder ein zweites Teil-Datenpaket] aufweisen, die aufgeteilt auf die zweite Mehrzahl von Teil-Datenpaketen [z.B. entsprechend eines Sprungmusters] auf mehreren Frequenzkanälen verteilt und zu unterschiedlichen Zeitpunkten übertragen werden, wobei der Datenempfänger ausgebildet ist, um die Decodierung von detektierten Teil-Datenpaketen der ersten Mehrzahl von Teil-Datenpaketen und die Decodierung von detektierten Teil-Datenpaketen der zweiten Mehrzahl von Teil-Datenpaketen parallel durchzuführen [z.B. in verschiedenen (z.B. getrennten) Prozessen auszuführen].

Bei Ausführungsbeispielen können die erste Mehrzahl von Teil-Datenpaketen und die zweite Mehrzahl von Teil-Datenpaketen vom gleichen Datensender gesendet werden.

Bei Ausführungsbeispielen können die erste Mehrzahl von Teil-Datenpaketen und die zweite Mehrzahl von Teil-Datenpaketen von unterschiedlichen Datensendern gesendet werden.

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger ausgebildet sein, um die Decodierung der detektierten Teil-Datenpakete der ersten Mehrzahl von Teil-Datenpaketen oder der zweiten Mehrzahl von Teil-Datenpaketen unabhängig von der anderen Decodierung zu starten, wenn alle Teil-Datenpakete der jeweiligen Mehrzahl von Teil-Datenpaketen detektiert

wurden oder wenn unter Berücksichtigung einer senderseitigen Redundanz einbringenden Codierung genügend Teil-Datenpakete der jeweiligen Mehrzahl von Teil-Datenpaketen für eine wahrscheinlich erfolgreiche Decodierung detektiert wurden.

- 5 Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger ausgebildet sein [z.B. kann der Datenempfänger einen Signallingspeicher aufweisen, der ausgebildet sein kann], um das empfangene Breitbandsignal oder eine weiterverarbeitete Version des Breitbandsignals [z.B. eine in eine Mehrzahl von Teilbandsignalen aufgeteilte Version des Breitbandsignals (z.B. eine in Teilbänder zerlegte Version des Breitbandsignals)] für die Decodierung zwischen zu
10 speichern [Beispielsweise kann ein Ringspeicher verwendet werden, der die maximale Verzögerungslänge des Signals (plus eventuelle Verarbeitungszeiten) besitzt].

Beispielsweise kann der Datenempfänger einen Ringspeicher aufweisen, wobei der Ringspeicher die maximale Verzögerungslänge des Signals (plus eventuelle
15 Verarbeitungszeiten) aufweist.

Bei Ausführungsbeispielen kann die weiterverarbeitete Version des Breitbandsignals eine in eine Mehrzahl von Teilbandsignalen aufgeteilte Version des Breitbandsignals sein.

- 20 Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger ausgebildet sein, um eine in der Zeit und/oder Frequenz unterabgetastete Version des Breitbandsignals oder der weiterverarbeiteten Version des Breitbandsignals zwischen zu speichern.

Beispielsweise kann nur jede zweite, dritte, vierte Frequenz-Linie und/oder Zeit-Linie
25 gespeichert werden, um den Speicherbedarf zu reduzieren.

- Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger [z.B. der Signallingspeicher des Datenempfängers] ausgebildet sein, um das empfangene Breitbandsignal zwischen zu speichern, wobei der Datenempfänger [z.B. der Decoder des Datenempfängers] ausgebildet
30 ist, um eine Unterabtastung U ($=f_{WB}/f_{SYNC}=M_{WB}/M_{SYNC}$) durchzuführen [z.B. so dass, eine Abtastrate f_{SYNC} ($=M_{SYNC}\cdot f_{sym}$) einer weiterverarbeiteten Version des empfangenen Breitbandsignals [z.B. eine in eine Mehrzahl von Teilbandsignalen aufgeteilte und gefilterte Version (z.B. Kanalfilter und/oder Matched Filter) des empfangenen Breitbandsignals] geringer ist als eine Abtastrate f_{WB} ($=M_{WB}\cdot f_{sym}$) des empfangenen Breitbandsignals].

35 Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger ausgebildet sein [z.B. kann der Detektor des Datenempfängers eine erste Filterbank aufweisen, die ausgebildet sein kann], um das

- Breitbandsignal für die Detektion der Mehrzahl von Teil-Datenpaketen in eine Mehrzahl von Teilbandsignalen aufzuteilen, wobei die Mehrzahl von Teilbandsignalen unterschiedliche [z.B. sich teilweise überlappende] Teilbänder des Breitbandsignals aufweisen, wobei der Datenempfänger [z.B. der Detektor des Datenempfängers] ausgebildet ist, um die Detektion
- 5 der zumindest zwei Teil-Datenpakete in den unterschiedlichen Teilbändern der Mehrzahl von Teilbandsignalen durchzuführen [z.B. durch Korrelation der Mehrzahl von Teilbandsignalen mit einer in den Teil-Datenpaketen enthaltenen (bekannten) Synchronisationssequenz oder Synchronisationssequenzen].
- 10 Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger [z.B. die erste Filterbank des Detektors des Datenempfängers] ausgebildet sein, um das Breitbandsignal durch eine Polyphasenfilterung oder eine Polyphasen-Filterbank [z.B. und eine N-Punkt-DFT oder N-Punkt-FFT] in die Mehrzahl von Teilbandsignalen aufzuteilen.
- 15 Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger [z.B. die erste Filterbank des Detektors des Datenempfängers] ausgebildet sein, um beim Aufteilen des Breitbandsignals in die Mehrzahl von Teilbandsignalen eine Unterabtastung $U_{DET} (=f_{WB}/f_{DET}=M_{WB}/M_{DET})$ durchzuführen [z.B. so dass eine Abtastrate $f_{DET} (=M_{DET} \cdot f_{sym})$ der Mehrzahl von Teilbandsignalen geringer ist als eine Abtastrate $f_{WB} (=M_{WB} \cdot f_{sym})$ des empfangenen Breitbandsignals].
- 20 Bei Ausführungsbeispielen können die zumindest zwei Teil-Datenpakete eine erste Mehrzahl von Teil-Teil-Datenpaketen umfassen, wobei die erste Mehrzahl von Teil-Datenpaketen erste Daten [z.B. ein erstes Telegramm oder ein erstes Teil-Datenpaket] aufweisen, die aufgeteilt auf die erste Mehrzahl von Teil-Datenpaketen auf mehreren Frequenzkanälen verteilt und zu
- 25 unterschiedlichen Zeitpunkten übertragen werden, wobei der Datenempfänger [z.B. der Detektor des Datenempfängers] ferner ausgebildet ist, um einen [z.B. groben] Frequenz- und/oder Zeitoffset der detektierten Teil-Datenpakete der ersten Daten zu ermitteln, wobei die Detektionsparameter ferner den ermittelten [z.B. groben bzw. geschätzten] Frequenz- und/oder Zeitoffset aufweisen.
- 30 Bei Ausführungsbeispielen können die Mehrzahl von Teilbandsignalen, auf die das Breitbandsignal aufgeteilt ist, die weiterverarbeitete Version des Breitbandsignals sein, die [z.B. im Signal-Ringspeicher] für die Decodierung zwischengespeichert ist, wobei der Datenempfänger [z.B. der Decoder des Datenempfängers] ausgebildet ist, um die detektierten
- 35 Teil-Datenpakete unter Verwendung der Detektionsparameter [z.B. Detektionszeitpunkte und/oder Detektionsfrequenzen] aus den jeweiligen [z.B. im Signal-Ringspeicher] zwischengespeicherten Teilbandsignalen zu extrahieren [z.B. durch Filterung (z.B. Kanalfilter

und/oder Matched Filter) und/oder (feine) (Zeit- und/oder Frequenz-) Synchronisation] [und z.B. zu decodieren].

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger [z.B. der Decoder des Datenempfängers] ausgebildet sein, um eine Überabtastung $M (=f_{\text{SYNC}}/f_{\text{DET}}=M_{\text{SYNC}}/M_{\text{DET}})$ der Mehrzahl von zwischengespeicherten Teilbandsignalen durchzuführen [z.B. so dass eine Abtastrate $f_{\text{SYNC}} (=M_{\text{SYNC}} \cdot f_{\text{SYM}})$ einer weiterverarbeiteten Version [z.B. einer gefilterten Version (z.B. Interpolationsfilter) der Mehrzahl von zwischengespeicherten Teilbandsignalen] größer ist als eine Abtastrate $f_{\text{DET}} (=M_{\text{DET}} \cdot f_{\text{SYM}})$ der Mehrzahl von zwischengespeicherten Teilbandsignalen.

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger ausgebildet sein [z.B. kann der Decoder des Datenempfängers eine zweite Filterbank aufweisen, die ausgebildet sein kann], um das Breitbandsignal für die Decodierung der detektierten Teil-Datenpakete in eine Mehrzahl von Teilbandsignalen aufzuteilen, wobei die Mehrzahl von Teilbandsignalen unterschiedliche [z.B. sich teilweise überlappende] Teilbänder des Breitbandsignals aufweisen, wobei der Datenempfänger [z.B. der Decoder des Datenempfängers] ausgebildet ist, um die detektierten Teil-Datenpakete unter Verwendung der Detektionsparameter [z.B. Detektionszeitpunkte und/oder Detektionsfrequenzen] aus den jeweiligen Teilbandsignalen zu extrahieren [z.B. durch Filterung (z.B. Kanalfilter und/oder Matched Filter) und/oder (feine) (Zeit- und/oder Frequenz-) Synchronisation] [und z.B. zu decodieren].

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger [z.B. der Decoder des Datenempfängers] ausgebildet sein, um für die Decodierung der detektierten Teil-Datenpakete jeweils ein geeignetes Teilbandsignal der Mehrzahl von Teilbandsignalen auszuwählen, und um die detektierten Teil-Datenpakete aus den jeweiligen Teilbandsignalen zu extrahieren [Beispielsweise kann der Datenempfänger unter Verwendung der jeweiligen Detektionsparameter (z.B. Detektionszeitpunkte und/oder Detektionsfrequenzen) geeignete (Zeit-)Abschnitte geeigneter Teilbandsignale für die Decodierung der jeweiligen detektierten Teil-Datenpakete auswählen und die jeweiligen detektierten Teil-Datenpakete aus den ausgewählten Teilbandsignalen extrahieren [z.B. durch Filterung (z.B. Kanalfilter und/oder Matched Filter) und/oder (feine) (Zeit- und/oder Frequenz-) Synchronisation] [und z.B. zu decodieren].

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger [z.B. die zweite Filterbank des Decoders des Datenempfängers] ausgebildet sein, um das Breitbandsignal durch eine

Polyphasenfilterung oder Polyphasen-Filterbank [z.B. und eine N-Punkt-DFT oder N-Punkt-FFT] in die Mehrzahl von Teilbandsignalen aufzuteilen.

5 Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger [z.B. die zweite Filterbank des Decoders des Datenempfängers] ausgebildet sein, um beim Aufteilen des Breitbandsignals in die Mehrzahl von Teilbandsignalen eine Unterabtastung U_{IM} ($=f_{WB}/f_{IM}=M_{WB}/M_{IM}$) durchzuführen [z.B. so dass eine Abtastrate f_{IM} ($=M_{IM}\cdot f_{sym}$) der Mehrzahl von Teilbandsignalen geringer ist als eine Abtastrate f_{WB} ($=M_{WB}\cdot f_{sym}$) des empfangenen Breitbandsignals].

10 Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger [z.B. die zweite Filterbank des Decoders des Datenempfängers] ausgebildet sein, um das Breitbandsignal in eine Mehrzahl von Teilbandsignalen mit sich überlappenden Teilbändern aufzuteilen, wobei sich die Teilbänder [z.B. jeweils] zumindest um eine Bandbreite eines der Teil-Datenpakete überlappen [Beispielsweise können sich Durchlassbereiche benachbarter Filterkanäle der zweiten
15 Filterbank um mindestens die Bandbreite eines der Teil-Datenpakete überlappen, damit die Teil-Datenpakete ohne nennenswerte Verzerrung aus einem von zwei sich überlappenden Filterkanäle entnommen werden können].

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger [z.B. die zweite Filterbank des Decoders
20 des Datenempfängers] ausgebildet sein, um das Breitbandsignal in eine Mehrzahl von Teilbandsignalen mit sich überlappenden Teilbändern aufzuteilen, wobei bei der Aufteilung [z.B. Filterung (z.B. Polyphasenfilterung)] des Breitbandsignals eine Summe aus einer Bandbreite eines Durchlassbereichs für eines der Teilbandsignale und aus einer Sperrbandbreite [z.B. Breite des Übergangs von Durchlass zu Sperrbereich] eines des
25 Teilbandsignals benachbarten Teilbandsignals nicht größer ist als eine doppelte Abtastrate f_{IM} ($=M_{IM}\cdot f_{sym}$) der Mehrzahl von Teilbandsignalen [z.B. die Sperrbandbreite darf nicht größer als der Durchlassbereich sein].

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger [z.B. der Decoder des
30 Datenempfängers] ausgebildet sein, um eine Umtastung U ($=f_{IM}/f_{SYNC}=M_{IM}/M_{SYNC}$) der Mehrzahl von Teilbandsignalen durchzuführen [z.B. so dass eine Abtastrate f_{SYNC} einer weiterverarbeiteten Version der Mehrzahl von Teilbandsignalen [z.B. eine gefilterte Version (z.B. Kanalfilter und/oder Matched Filter) der Mehrzahl von Teilbandsignalen] höher oder niedriger ist als eine Abtastrate f_{IM} der Mehrzahl von Teilbandsignalen].

35

Bei Ausführungsbeispielen kann die Umtastung eine Unterabtastung U ($=f_{IM}/f_{SYNC}=M_{IM}/M_{SYNC}$) sein [z.B. so dass eine Abtastrate f_{SYNC} einer weiterverarbeiteten Version der Mehrzahl von

Teilbandsignalen [z.B. einer gefilterte Version (z.B. Kanalfilter und/oder Matched Filter) der Mehrzahl von Teilbandsignalen] niedriger ist als eine Abtastrate f_{IM} der Mehrzahl von Teilbandsignalen].

- 5 Bei Ausführungsbeispielen kann eine Abtastrate f_{IM} ($=M_{IM} \cdot f_{sym}$) der [z.B. von der zweiten Filterbank des Decoders bereitgestellten] Mehrzahl von Teilbandsignalen für die Decodierung der detektierten Teil-Datenpakete größer sein als eine Abtastrate f_{DET} ($=M_{DET} \cdot f_{sym}$) der [z.B. von der ersten Filterbank des Detektors bereitgestellten] Mehrzahl von Teilbandsignalen für die Detektion der zumindest zwei Teil-Datenpakete.

- 10 Bei Ausführungsbeispielen kann eine Anzahl an Teilbandsignalen N_{IM} der [z.B. von der zweiten Filterbank des Decoders bereitgestellten] Teilbandsignale für die Decodierung der detektierten Teil-Datenpakete geringer sein als eine Anzahl an Teilbandsignalen N der [z.B. von der ersten Filterbank des Detektors bereitgestellten] Teilbandsignale für die Detektion der zumindest zwei
15 Teil-Datenpakete.

- Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger ausgebildet sein, um das empfangene Breitbandsignal mittels unterschiedlicher Filtercharakteristiken in die Mehrzahl von Teilbandsignalen für die Detektion der zumindest zwei Teil-Datenpakete und die Mehrzahl von
20 Teilbandsignalen für die Decodierung der detektierten Teil-Datenpakete aufzuteilen [Beispielsweise können die erste Filterbank des Detektors und die zweite Filterbank des Decoders unterschiedliche Filtercharakteristiken aufweisen].

- Bei Ausführungsbeispielen können die unterschiedlichen Filter unterschiedliche
25 Frequenzgänge aufweisen.

- Bei Ausführungsbeispielen kann eine Bandbreite des Breitbandsignals mindestens so groß sein, dass die zumindest zwei Teil-Datenpakete auch bei einem maximal zulässigen Frequenzversatz zwischen Datensender und Datenempfänger [z.B. durch die Ungenauigkeit
30 der verwendeten Quarze] vom Datenempfänger empfangen werden können.

- Weitere Ausführungsbeispiele schaffen ein Verfahren zum empfangen eines Breitbandsignals, wobei das Breitbandsignal zumindest zwei Teil-Datenpakete aufweist, die über verschiedene Frequenzen [z.B. Frequenzkanäle] verteilt sind. Das Verfahren umfasst einen Schritt des
35 Detektierens der zumindest zwei Teil-Datenpakete in dem Breitbandsignal, um zumindest einen Detektionsparameter für die detektierten Teil-Datenpakete bereitzustellen. Ferner umfasst das Verfahren einen Schritt des Decodierens der detektierten Teil-Datenpakete unter

Verwendung der Detektionsparameter, wobei die Detektion und die Decodierung getrennt voneinander durchgeführt oder verarbeitet werden.

5 Weitere Ausführungsbeispiele schaffen einen Datenempfänger, wobei der Datenempfänger ausgebildet ist, um ein Breitbandsignal zu empfangen, wobei das Breitbandsignal zumindest zwei Teil-Datenpakete aufweist, die [z.B. entsprechend eines Sprungmusters] in der Zeit und/oder Frequenz verteilt sind, wobei der Datenempfänger eine Filterbank aufweist, die ausgebildet ist, um das empfangene Breitbandsignal in eine Mehrzahl von Teilbandsignalen für eine [z.B. nachfolgende] Detektion oder Decodierung der Teil-Datenpakete aufzuteilen,
10 wobei die Mehrzahl von Teilbandsignalen unterschiedliche [z.B. sich teilweise überlappende] Teilbänder des Breitbandsignals aufweisen, wobei die Filterbank einen Polyphasenfilter aufweist.

Bei Ausführungsbeispielen kann die Filterbank eine N-Punkt-DFT oder N-Punkt-FFT
15 aufweisen.

Bei Ausführungsbeispielen kann die Filterbank einen N-Kanal-Mischer aufweisen.

Bei Ausführungsbeispielen kann die Filterbank ausgebildet sein, um eine Unterabtastung des empfangenen Breitbandsignals durchzuführen, so dass eine Abtastrate der Mehrzahl von Teilbandsignalen geringer ist als eine Abtastrate des empfangenen Breitbandsignals.
20

Bei Ausführungsbeispielen kann die Filterbank eine erste Filterbank sein, die ausgebildet ist, um das empfangene Breitbandsignal in die Mehrzahl von Teilbandsignalen für die [z.B. nachfolgende] Detektion der Teil-Datenpakete aufzuteilen, wobei der Datenempfänger eine zweite Filterbank aufweist, die ausgebildet ist, um das empfangene Breitbandsignal in eine Mehrzahl von Teilbandsignalen für die [z.B. nachfolgende] Decodierung der Teil-Datenpakete aufzuteilen, wobei die Mehrzahl von Teilbandsignalen unterschiedliche [z.B. sich teilweise überlappende] Teilbänder des Breitbandsignals aufweisen, wobei die zweite Filterbank einen
30 Polyphasenfilter aufweist.

Bei Ausführungsbeispielen kann die zweite Filterbank eine N-Punkt-DFT oder N-Punkt-FFT aufweisen.

35 Bei Ausführungsbeispielen kann die zweite Filterbank ausgebildet sein, um eine Unterabtastung des empfangenen Breitbandsignals durchzuführen, so dass eine Abtastrate

der Mehrzahl von Teilbandsignalen geringer ist als eine Abtastrate des empfangenen Breitbandsignals.

Bei Ausführungsbeispielen kann die zweite Filterbank ausgebildet sein, um das
5 Breitbandsignal in eine Mehrzahl von Teilbandsignalen mit sich überlappenden Teilbändern aufzuteilen, wobei sich die Teilbänder [z.B. jeweils] zumindest um eine Bandbreite eines der Teil-Datenpakete überlappen [Beispielsweise können sich Durchlassbereiche benachbarter Filterkanäle der zweiten Filterbank um mindestens die Bandbreite eines der Teil-Datenpakete überlappen, damit die Teil-Datenpakete ohne nennenswerte Verzerrung aus einem von zwei
10 sich überlappenden Filterkanäle entnommen werden kann].

Bei Ausführungsbeispielen kann die zweite Filterbank ausgebildet sein, um das Breitbandsignal in eine Mehrzahl von Teilbandsignalen mit sich überlappenden Teilbändern aufzuteilen, wobei bei der Aufteilung [z.B. Filterung (z.B. Polyphasenfilterung)] des
15 Breitbandsignals eine Summe aus einer Bandbreite eines Durchlassbereichs für eines der Teilbandsignale und aus einer Sperrbandbreite eines des Teilbandsignals benachbarten Teilbandsignals nicht größer ist als eine doppelte Abtastrate der Mehrzahl von Teilbandsignalen ist.

20 Bei Ausführungsbeispielen kann eine Abtastrate f_{IM} ($=M_{IM} \cdot f_{sym}$) der von der zweiten Filterbank bereitgestellten Mehrzahl von Teilbandsignalen für die Decodierung der Teil-Datenpakete größer sein als eine Abtastrate f_{DET} ($=M_{DET} \cdot f_{sym}$) der von der ersten Filterbank des Detektors bereitgestellten Mehrzahl von Teilbandsignalen für die Detektion der Teil-Datenpakete.

25 Bei Ausführungsbeispielen kann eine Anzahl an Teilbandsignalen N_{IM} der von der zweiten Filterbank bereitgestellten Teilbandsignale für die Decodierung der Teil-Datenpakete geringer sein als eine Anzahl an Teilbandsignalen N der von der ersten Filterbank bereitgestellten Teilbandsignale für die Detektion der Teil-Datenpakete.

30 Bei Ausführungsbeispielen kann die erste Filterbank und die zweite Filterbank unterschiedliche Filtercharakteristiken aufweisen.

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger einen Detektor aufweisen, der ausgebildet sein kann, um die zumindest zwei Teil-Datenpakete in den unterschiedlichen
35 Teilbändern der Mehrzahl von Teilbandsignalen zu detektieren [z.B. durch Korrelation der Mehrzahl von Teilbandsignalen mit einer in den Teil-Datenpaketen enthaltenen (bekannten) Synchronisationssequenz], um Detektionsparameter [z.B. Detektionszeitpunkte und/oder

Detektionsfrequenzen] für die detektierten Teil-Datenpakete bereitzustellen [beispielsweise um zumindest einen Detektionsparameter (z.B. Detektionszeitpunkt und/oder Detektionsfrequenz) für jedes der detektierten Teil-Datenpakete bereitzustellen].

- 5 Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger einen Decoder aufweisen, der ausgebildet sein kann, um detektierte Teil-Datenpakete unter Verwendung von Detektionsparametern aus den jeweiligen Teilbandsignalen zu extrahieren [z.B. durch Filterung (z.B. Kanalfilter und/oder Matched Filter) und/oder (feine) (Zeit- und/oder Frequenz-) Synchronisation] [und z.B. zu decodieren].

10 Weitere Ausführungsbeispiele schaffen ein Verfahren zum Empfangen eines Breitbandsignals, wobei das Breitbandsignal zumindest zwei Teil-Datenpakete aufweist, die über verschiedene Frequenzen [z.B. Frequenzkanäle] verteilt sind. Das Verfahren umfasst einen Schritt des Filterns des empfangenen Breitbandsignals mit einer Filterbank, um das empfangene Breitbandsignal in eine Mehrzahl von Teilbandsignalen für eine [z.B. nachfolgende] Detektion oder Decodierung der Teil-Datenpakete aufzuteilen, wobei die Mehrzahl von Teilbandsignalen unterschiedliche [z.B. sich teilweise überlappende] Teilbänder des Breitbandsignals aufweisen, wobei die Filterbank einen Polyphasenfilter aufweist.

20 Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden bezugnehmend auf die beiliegenden Figuren näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 ein schematisches Blockschaltbild eines Systems mit einem Datensender und einem Datenempfänger, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 in einem Diagramm eine Belegung des Übertragungskanals bei der Übertragung einer Mehrzahl von Teil-Datenpaketen entsprechend einem Zeitfrequenzsprungmuster;

Fig. 3 ein schematisches Blockschaltbild eines Datenempfängers, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 4 in einem Diagramm eine Belegung des Übertragungskanals bei der Übertragung von Datenpaketen unter Verwendung von vier unterschiedlichen Übertragungsverfahren;

- Fig. 5 ein schematisches Blockschalbild eines einkanaligen Detektors eines Datenempfängers, gemäß einem Ausführungsbeispiel;
- 5 Fig. 6 ein schematisches Blockschalbild eines Vielkanal-Detektors eines Datenempfängers, gemäß einem Ausführungsbeispiel;
- Fig. 7 ein schematisches Blockschalbild eines Vielkanal-Detektors eines Datenempfängers, gemäß einem Ausführungsbeispiel;
- 10 Fig. 8 ein schematisches Blockschalbild eines Signal-Ringspeichers eines Datenempfängers, gemäß einem Ausführungsbeispiel;
- Fig. 9 ein schematisches Blockschalbild eines Decoders eines Datenempfängers, gemäß einem Ausführungsbeispiel;
- 15 Fig. 10 ein schematisches Blockschalbild eines Datenempfängers, gemäß einem Ausführungsbeispiel;
- Fig. 11 ein schematisches Blockschalbild eines Datenempfängers, gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel;
- 20 Fig. 12 ein schematisches Blockschalbild eines Datenempfängers, gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel;
- 25 Fig. 13 ein schematisches Blockschalbild einer Filterbank eines Decoders eines Datenempfängers, gemäß einem Ausführungsbeispiel;
- Fig. 14 in einem Diagramm Durchlassbereiche benachbarter Filterkanäle der in Fig. 13 gezeigten Filterbank, gemäß einem Ausführungsbeispiel;
- 30 Fig. 15 in einem Diagramm einen Durchlassbereich und eine Sperrbandbreite eines Filterkanals der in Fig. 13 gezeigten Filterbank, gemäß einem Ausführungsbeispiel;
- 35 Fig. 16 zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum empfangen eines Breitbandsignals, gemäß einem Ausführungsbeispiel; und

Fig. 17 zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum empfangen eines Breitbandsignals, gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel.

In der nachfolgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden in den Figuren gleiche oder gleichwirkende Elemente mit dem gleichen Bezugszeichen
5 versehen, so dass deren Beschreibung untereinander austauschbar ist.

1. Telegram-Splitting basiertes Funkübertragungssystem

10 Fig. 1 zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines Systems mit einem Datensender 100 und einem Datenempfänger 110. Der Datensender 100 kann ausgebildet sein, um ein Signal 120 zu senden, wobei das Signal 120 zumindest zwei separate Teil-Datenpakete 142 aufweist. Der Datenempfänger 110 kann ausgebildet sein, um das Signal 120 (oder eine durch den Übertragungskanal modifizierte Version des Signals 120)) zu empfangen, welches die
15 zumindest zwei separaten Teil-Datenpakete 142 aufweist.

Wie in Fig. 1 zu erkennen ist, sind die zumindest zwei separaten Teil-Datenpakete 142 in der Zeit und/oder in der Frequenz voneinander separiert bzw. beabstandet. Die Verteilung der zumindest zwei separaten Teil-Datenpakete 142 in der Zeit und/oder Frequenz kann
20 entsprechend eines Sprungmusters (engl. hopping pattern) 140 erfolgen.

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datensender 100 eine Sendeeinrichtung (oder Sendemodul, oder Transmitter) 102 aufweisen, die ausgebildet ist, um das Signal 120 zu senden. Die Sendeeinrichtung 102 kann mit einer Antenne 104 des Datensenders 100
25 verbunden sein. Der Datensender 100 kann ferner eine Empfangseinrichtung (oder Empfangsmodul, oder Receiver) 106 aufweisen, die ausgebildet ist, um ein Signal zu empfangen. Die Empfangseinrichtung 106 kann mit der Antenne 104 oder einer weiteren (separaten) Antenne des Datensenders 100 verbunden sein. Der Datensender 100 kann auch eine kombinierte Sendeempfangseinrichtung (Transceiver) aufweisen.

30 Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenempfänger 110 eine Empfangseinrichtung (oder Empfangsmodul, oder Receiver) 116 aufweisen, die ausgebildet ist, um das Signal 120 zu empfangen. Die Empfangseinrichtung 116 kann mit einer Antenne 114 des Datenempfängers 110 verbunden sein. Ferner kann der Datenempfänger 110 eine Sendeeinrichtung (oder Sendemodul, oder Transmitter) 112 aufweisen, die ausgebildet ist, um ein Signal zu senden. Die Sendeeinrichtung 112 kann mit der Antenne 114 oder einer weiteren (separaten) Antenne
35

des Datenempfängers 110 verbunden sein. Der Datenempfänger 110 kann auch eine kombinierte Sendeempfangseinrichtung (Transceiver) aufweisen.

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datensender 100 ein Sensorknoten sein, während der
5 Datenempfänger 110 eine Basisstation sein kann. Typischerweise umfasst ein Kommunikationssystem zumindest einen Datenempfänger 110 (Basisstation) und eine Vielzahl von Datensendern (Sensorknoten, wie z.B. Heizungszähler). Natürlich ist es auch möglich, dass der Datensender 100 eine Basisstation ist, während der Datenempfänger 110 ein Sensorknoten ist. Ferner ist es möglich, dass sowohl der Datensender 100 als auch der
10 Datenempfänger 110 Sensorknoten sind. Des Weiteren ist es möglich, dass sowohl der Datensender 100 als auch der Datenempfänger 110 Basisstationen sind.

Der Datensender 100 und der Datenempfänger 110 können ausgebildet sein, um Daten unter Verwendung eines Telegram-Splitting-Verfahrens (dt. Telegrammaufteilungsverfahrens) zu
15 senden bzw. zu empfangen. Hierbei wird ein die Daten aufweisendes Datenpaket (oder Telegramm) in eine Mehrzahl von Teil-Datenpaketen (oder Sub-Datenpakete) 142 aufgeteilt und die Teil-Datenpakete 142 werden entsprechend eines Sprungmusters 140 in der Zeit verteilt und/oder in der Frequenz verteilt von dem Datensender 100 zu dem Datenempfänger 110 übertragen, wobei der Datenempfänger 110 die Teil-Datenpakete 142 wieder
20 zusammenfügt (oder kombiniert), um das eigentliche Datenpaket zu erhalten. Jedes der Teil-Datenpakete 142 enthält dabei nur einen Teil des Datenpakets 120. Das Datenpaket kann ferner kanalcodiert sein, so dass zum fehlerfreien Decodieren des Datenpakets nicht alle Teil-Datenpakete 142, sondern nur ein Teil der Teil-Datenpakete 142 erforderlich ist.

25 Die zeitliche Verteilung der Mehrzahl von Teil-Datenpaketen 142 kann, wie bereits erwähnt, entsprechend eines Zeit- und/oder Frequenzsprungmusters 140 erfolgen.

Ein Zeitsprungmuster kann eine Abfolge von Sendezeitpunkten oder Sendezeitabständen angeben, mit denen die Teil-Datenpakete gesendet werden. Beispielsweise kann ein erstes
30 Teil-Datenpaket zu einem ersten Sendezeitpunkt (oder in einem ersten Sendezeitschlitz) und ein zweites Teil-Datenpaket zu einem zweiten Sendezeitpunkt (oder in einem zweiten Sendezeitschlitz) gesendet werden, wobei der erste Sendezeitpunkt und der zweite Sendezeitpunkt unterschiedlich sind. Das Zeitsprungmuster kann dabei den ersten Sendezeitpunkt und den zweiten Sendezeitpunkt definieren (oder vorgeben, oder angeben).
35 Alternativ kann das Zeitsprungmuster den ersten Sendezeitpunkt und einen zeitlichen Abstand zwischen dem ersten Sendezeitpunkt und dem zweiten Sendezeitpunkt angeben. Natürlich kann das Zeitsprungmuster auch nur den zeitlichen Abstand zwischen dem ersten Zeitpunkt

und dem zweiten Sendezeitpunkt angeben. Zwischen den Teil-Datenpaketen können Sendepausen vorhanden sein, in denen nicht gesendet wird. Die Teil-Datenpakete können sich auch zeitlich überlappen (überschneiden).

5 Ein Frequenzsprungmuster kann eine Abfolge von Sendefrequenzen oder Sendefrequenzsprüngen angeben, mit denen die Teil-Datenpakete gesendet werden. Beispielsweise kann ein erstes Teil-Datenpaket mit einer ersten Sendefrequenz (oder in einem ersten Frequenzkanal) und ein zweites Teil-Datenpaket mit einer zweiten Sendefrequenz (oder in einem zweiten Frequenzkanal) gesendet werden, wobei die erste Sendefrequenz und
10 die zweite Sendefrequenz unterschiedlich sind. Das Frequenzsprungmuster kann dabei die erste Sendefrequenz und die zweite Sendefrequenz definieren (oder vorgeben, oder angeben). Alternativ kann das Frequenzsprungmuster die erste Sendefrequenz und einen Frequenzabstand (Sendefrequenzsprung) zwischen der ersten Sendefrequenz und der zweiten Sendefrequenz angeben. Natürlich kann das Frequenzsprungmuster auch nur den
15 Frequenzabstand (Sendefrequenzsprung) zwischen der ersten Sendefrequenz und der zweiten Sendefrequenz angeben.

Natürlich können die Mehrzahl von Teil-Datenpaketen 142 auch sowohl in der Zeit- als auch in der Frequenz verteilt von dem Datensender 100 zu dem Datenempfänger 110 übertragen
20 werden. Die Verteilung der Mehrzahl von Teil-Datenpaketen in der Zeit und in der Frequenz kann entsprechend einem Zeitfrequenzsprungmuster erfolgen. Ein Zeitfrequenzsprungmuster kann die Kombination aus einem Zeitsprungmuster und einem Frequenzsprungmuster sein, d.h. eine Abfolge von Sendezeitpunkten oder Sendezeitabständen mit denen die Teil-Datenpakete 142 übertragen werden, wobei den Sendezeitpunkten (oder
25 Sendezeitabständen) Sendefrequenzen (oder Sendefrequenzsprünge) zugeordnet sind.

Fig. 2 zeigt in einem Diagramm eine Belegung des Übertragungskanals bei der Übertragung einer Mehrzahl von Teil-Datenpaketen 142 entsprechend einem Zeitfrequenzsprungmuster. Dabei beschreibt die Ordinate die Frequenz und die Abszisse die Zeit.

30 Wie in Fig. 2 zu erkennen ist, kann das Datenpaket 120 beispielhaft auf $n = 7$ Teil-Datenpakete 142 aufgeteilt werden und entsprechend eines Zeitfrequenzsprungmusters verteilt in der Zeit und der Frequenz von dem Datensender 100 zu dem Datenempfänger 110 übertragen werden.

35 Wie in Fig. 2 weiter zu erkennen ist, können die Mehrzahl von Teil-Datenpaketen 142 neben Daten (Datensymbole 146 in Fig. 2) auch Pilotsequenzen (Pilotsymbole (oder

Synchronisationssymbole) 144 in Fig. 2) enthalten, basierend auf denen der Datenempfänger 110 die Teil-Datenpakete 142 in einem Empfangssignal 120 oder Empfangsdatenstrom detektieren kann. Bei manchen Ausführungsbeispielen könnte die Detektion auch ohne Nutzung der Pilotsequenzen erfolgen, wobei dieser Fall z.B. bei der Funkaufklärung auftritt, wenn die Pilotsequenzen noch nicht bekannt sind.

Bei der gleichzeitigen bzw. zeitlich überlappenden Aussendung einer Vielzahl von in Teil-Datenpaketen aufgeteilten Datenpaketen durch eine Vielzahl von Datensendern steigt die im Datenempfänger erforderliche Rechenleistung zur Detektion und Decodierung der Teil-Datenpakete jedoch erheblich.

Zur Reduktion der für die Detektion und Decodierung erforderlichen Rechenleistung erfolgt bei Ausführungsbeispielen die Detektion und Decodierung der Teil-Datenpakete getrennt bzw. separat voneinander, wie dies im Folgenden erläutert wird.

15

2. Ausführungsbeispiele des Datenempfängers (Systembeschreibung)

Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung beschrieben, die sich auf die Signalverarbeitung und die Datenhaltung bei der Detektion und Decodierung von Datenpaketen im Datenempfänger 110 eines Funkübertragungssystems beziehen.

Fig. 3 zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines Datenempfängers 110, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Der Datenempfänger 110 ist ausgebildet, um ein Breitbandsignal 120 zu empfangen, wobei das Breitbandsignal 120 zumindest zwei Teil-Datenpakete 142 aufweist, die entsprechend eines Sprungmusters 140 über verschiedene Frequenzen (z.B. Frequenzkanäle) verteilt sind.

Der Datenempfänger 110 kann einen Detektor 122 aufweisen, der ausgebildet ist, um eine Detektion der zumindest zwei Teil-Datenpakete 142 in dem Breitbandsignal 120 durchzuführen, und um zumindest einen Detektionsparameter 126 (z.B. einen Detektionszeitpunkt und/oder eine Detektionsfrequenz) für die detektierten Teil-Datenpakete bereitzustellen.

Beispielsweise kann der Detektor 122 ausgebildet sein, um einen Detektionsparameter 126 (z.B. einen Detektionszeitpunkt und/oder eine Detektionsfrequenz) für jedes der detektierten Teil-Datenpakete bereitzustellen. Natürlich kann der Detektor 122 auch ausgebildet sein, um nur einen Detektionsparameter (z.B. einen (Referenz-)Detektionszeitpunkt und/oder eine

(Referenz-)Detektionsfrequenz) für das Sprungmuster 140 der zumindest zwei Teil-Datenpakete 142 bereitzustellen, wobei durch die Definition des Sprungmusters (z.B. Sendzeitpunkte und/oder Sendefrequenzen) die Empfangszeitpunkte und/oder Empfangsfrequenzen der zumindest zwei Teil-Datenpakete 142 implizit bekannt sind.

5

Der Datenempfänger 110 kann ferner einen Decoder 124 aufweisen, der ausgebildet ist, um unter Verwendung des zumindest einen Detektionsparameters 126 eine Decodierung der detektierten Teil-Datenpakete durchzuführen, z.B. um decodierte Pakete 149 zu erhalten.

10 Der Detektor 122 und der Decoder 124 können dabei separat bzw. getrennt voneinander ausgeführt sein, so dass der Detektor 122 die Detektion (der zumindest zwei Teil-Datenpakete 142) und der Decoder 124 die Decodierung (der detektierten Teil-Datenpakete) getrennt voneinander durchführen oder verarbeiten können. Der Datenempfänger 110 ist also ausgebildet, um die Detektion (der zumindest zwei Teil-Datenpakete 142) und die
15 Decodierung (der detektierten Teil-Datenpakete) getrennt voneinander durchzuführen oder zu verarbeiten.

Bei Ausführungsbeispielen kann der Detektor 122 ausgebildet sein, um die Detektion (der Teil-Datenpakete 142) kontinuierlich durchzuführen.

20

Bei Ausführungsbeispielen kann der Decoder 124 ausgebildet sein, um die Decodierung in Abhängigkeit von einer zur Verfügung stehenden Rechenleistung des Datenempfängers 110 durchzuführen.

25 Beispielsweise kann der Decoder 124 ausgebildet sein, um die Decodierung eines der detektierten Teil-Datenpakete durchzuführen, wenn für die Decodierung des jeweiligen detektierten Teil-Datenpakets genügend Rechenleistung zur Verfügung steht.

Mit anderen Worten, Fig. 3 zeigt die Komponenten, einen Paket-Detektor 122 zur Detektion
30 der Pakete in einem Breitbandsignal 120 und einen Paket-Decoder 124 zur Auswertung der detektierten Pakete. Die detektierten Pakete stellen hierbei die Detektionszeitpunkte dar, an denen mutmaßlich ein Paket am Empfänger 110 angekommen ist.

Wie in Fig. 3 beispielhaft gezeigt ist, kann der Datenempfänger 110 einen Detektor (Paket-
35 Detektor) 122 und einen Decoder (Paket-Decoder) 124 aufweisen. Natürlich kann der Datenempfänger 110 auch mittels eines Prozessors, Mikroprozessors oder einer anderen programmierbaren logischen Schaltung implementiert sein, wobei in diesem Fall die in Fig. 3

gezeigten Schaltungsblöcke beispielsweise durch entsprechende Algorithmen implementiert sein können.

Fig. 4 zeigt in einem Diagramm eine Belegung des Übertragungskanals bei der Übertragung
5 von Datenpaketen unter Verwendung von vier unterschiedlichen Übertragungsverfahren.
Dabei beschreibt in Fig. 4 die Ordinate die Frequenz und die Abszisse die Zeit. Mit anderen
Worten, Fig. 4 zeigt vier mögliche Verfahren zur Übertragung eines einzelnen Paketes.

Ein erstes Übertragungsverfahren (Fall 1) umfasst eine kontinuierliche Übertragung eines
10 Datenpakets bei konstanter Frequenz.

Ein zweites Übertragungsverfahren (Fall 2) umfasst eine kontinuierliche Übertragung eines
Datenpakets in Verbindung mit einem Frequenzsprung-Verfahren.

15 Ein drittes Übertragungsverfahren (Fall 3) umfasst eine diskontinuierliche Übertragung eines
Datenpakets (Telegramm-Splitting) bei konstanter Frequenz.

Ein viertes Übertragungsverfahren (Fall 4) umfasst eine diskontinuierliche Übertragung eines
20 Datenpakets (Telegramm-Splitting) in Verbindung mit einem Frequenzsprung-Verfahren.

Ausführungsbeispiele des Datenempfängers 110 sind für alle vier Verfahren relevant, wenn
eine Vielzahl von Paketen empfangen werden soll, die von verschiedenen Sendern asynchron
und auf verschiedenen Frequenzen ausgesendet werden, so dass das Breitbandsignal 120
am Eingang eine wesentlich höhere Bandbreite aufweist als die (Teil-)Pakete (Im Fall 1
25 Pakete, in den Fällen 2 bis 4 Teil-Pakete). Besonders relevant werden Ausführungsbeispiele
des Datenempfängers 110 im Fall 4, der ein besonders hohes Maß an parallelen asynchronen
Paketübertragungen ermöglicht.

Hinzu kommt, dass in den Sendern 100 aus Kostengründen Frequenzgeneratoren mit relativ
30 hoher Toleranz verwendet werden, so dass in allen vier Fällen ein Frequenzversatz zwischen
Sender 100 und Empfänger 110 auftritt, der ein Vielfaches der Symbolrate f_{sym} der Teil-Pakete
142 betragen kann. Da dieser Effekt die Wahrscheinlichkeit für Paket-Kollisionen verringert,
kann der maximale Durchsatz des Übertragungssystems erhöht werden, indem den
Sendefrequenzen gezielt eine stochastische Komponente hinzugefügt wird. Dadurch sind die
35 Sendefrequenzen im Empfänger 110 prinzipiell unbekannt.

Die Detektion und Synchronisation der Pakete im Empfänger 110 kann mit Hilfe von Synchronisationssequenzen (Pilotsequenzen mit Synchronisationssymbolen 144) in den (Teil-)Paketen erfolgen. In der Regel sind diese Sequenzen in der Mitte der Teil-Pakete 142 angeordnet (*Midamble*). Ausführungsbeispiele sind jedoch für alle möglichen Anordnungen der Synchronisationssequenz (Preamble, Midamble, Postamble) anwendbar.

2.1 Signalverarbeitung im Detektor

Fig. 5 zeigt ein schematisches Blockschalbild eines einkanaligen Detektors 122, gemäß einem Ausführungsbeispiel. Der Detektor 122 kann einen DDC 150 (= digital down converter, dt. digitaler Abwärtswandler) aufweisen, der ausgebildet sein kann, um das Breitbandsignal 150 zu mischen und zu filtern. Hierfür kann der DDC 150 beispielsweise einen Mischer 152 und einen Kanalfilter 154 aufweisen. Ferner kann der Detektor 122 einen Matched-Filter 156, einen Korrelator 158 und eine Paket-Detektion 160 aufweisen.

Mit anderen Worten, Fig. 5 zeigt die Signalverarbeitung in einem einkanaligen Detektor 122 bei bekannter Empfangsfrequenz f_c . Dabei wird die Abtastrate des Signals im DDC 150 von der Abtastrate f_{WB} des Breitbandsignals 120 auf die Abtastrate f_{DET} der nachfolgenden Komponenten 156, 158 reduziert. Das Kanalfilter (CF) 154 kann als Anti-Alias-Filter für die Unterabtastung wirken und kann hierzu eine ausreichend hohe Sperrdämpfung aufweisen.

Auf den DDC 150 folgen ein Matched Filter (MF) 156 zur Impulsfilterung, eine mehrstufige Korrelation (CORR) 158 für die Synchronisationssequenzen der Teil-Pakete und deren Zusammenfassung, und die eigentliche Paket-Detektion 160.

Im Folgenden werden alle Abtastraten zusätzlich in Vielfachen der Symbolrate f_{sym} der Teil-Pakete 142 angegeben. Für den Detektor 122 gilt:

$$f_{WB} = M_{WB} \cdot f_{sym} \text{ und } f_{DET} = M_{DET} \cdot f_{sym}$$

Werte für M_{DET} sind beispielsweise (z.B. typischerweise) 2 und 4, d.h. die Verarbeitung im Detektor 122 kann beispielsweise (z.B. in der Regel) mit der doppelten oder der vierfachen Symbolrate erfolgen. Der Wert für M_{WB} ist in der Regel (z.B. erheblich) größer, d.h. es gilt:

$$f_{DET} \ll f_{WB} \text{ bzw. } M_{DET} \ll M_{WB}$$

Aufgrund des Frequenzversatzes zwischen Sender 100 und Empfänger 110 kann der Detektor 122 als Vielkanal-Detektor mit N parallelen Empfangskanälen ausgeführt werden, wie dies im Folgenden anhand von Fig. 6 erläutert wird.

5 Fig. 6 zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines Vielkanal-Detektors 122, gemäß einem Ausführungsbeispiel. Mit anderen Worten, Fig. 6 zeigt einen Vielkanal-Detektor mit N Kanälen. Wie in Fig. 6 zu erkennen ist, kann der Vielkanal-Detektor 122 für jeden Kanal einen Mischer 152, einen Kanalfilter 154, einen Matched-Filter 156 und einen Korrelator 158 aufweisen.

10 Der zulässige Kanalabstand

$$\Delta f_C = f_{\text{sym}} / M_C$$

kann von den verwendeten Synchronisationssequenzen und der Art der Korrelation abhängen
15 und kann beispielsweise (z.B. in der Regel) 1/4... 1/16 der Symbolrate f_{sym} betragen:

$$M_C = 4 \dots 16$$

Dadurch kann der Datenstrom am Ausgang der Matched Filter 156 sowie am Ausgang der
20 ersten Stufe der Korrelation um den Faktor $M_C \cdot M_{\text{DET}}$ größer sein als der Datenstrom des Breitbandsignals 120 am Eingang. Die Anzahl der Kanäle beträgt:

$$N = M_{\text{WB}} \cdot M_C$$

25 Die Realisierung der Mischer 152, der Kanalfilter (CF) 154 und der Matched Filter (MF) 156 kann durch eine Polyphasen-Filterbank (CMFB) erfolgen, wie dies in Fig. 7 gezeigt ist. Dabei werden die Filter CF 154 und MF 156 zu einem Polyphasenfilter (CF+MF) zusammengefasst.

Im Detail zeigt Fig. 7 ein schematisches Blockschalbild des Detektors 122, gemäß einem
30 Ausführungsbeispiel. Die Detektor 122 umfasst eine (erste) Filterbank 162 und die Korrelatoren 158, wobei die Filterbank 162 ausgebildet sein kann, um das Breitbandsignal 120 durch eine Polyphasenfilterung (und z.B. eine N-Punkt-DFT oder N-Punkt-FFT) in N Teilbandsignale 164 aufzuteilen. Die Korrelatoren 158 können ausgebildet sein, um die Detektion der Teil-Datenpakete 142 in den N Teilbandsignalen 164 durchzuführen, z.B. durch
35 Korrelation der N Teilbandsignale 164 mit einer in den Teil-Datenpaketen 142 enthaltenen (bekannt) Synchronisationssequenz oder Synchronisationssequenzen.

Wie in Fig. 7 ferner zu erkennen ist, kann die Vielkanal-Filterung mit einer N-Punkt-DFT oder – falls N eine Zweierpotenz ist – mit einer N-Punkt-FFT erfolgen. Der Polyphasenfaktor P gibt das Verhältnis aus der Anzahl N_P der Filterkoeffizienten und der Anzahl N der Kanäle an und hängt vom Kanalabstand – gegeben durch den Faktor M_C – und der erforderlichen Sperrdämpfung des Filters ab. Werte liegen beispielsweise (z.B. typischerweise) im Bereich $P = 1 \dots 2$. Für $P = 1$ ergibt sich eine gewöhnliche Filterbank mit $N_P = N$.

Die Unterabtastung um den Faktor

$$U_{\text{DET}} = f_{\text{WB}} / f_{\text{DET}} = M_{\text{WB}} / M_{\text{DET}}$$

kann durch eine entsprechende Schrittweite im Breitbandsignal realisiert werden.

Die Signale der einzelnen Kanäle können durch eine Derotation in Basisbandsignale (Teilbandsignale) ohne Frequenzversatz umgewandelt werden.

Die nachfolgende Tabelle (Tabelle 1) fasst die Parameter des Detektors 122 zusammen und nennt Beispiele für ein System 1 mit $M_{\text{WB}} = 96$ und ein System 2 mit $M_{\text{WB}} = 1024$. Für beide Systeme gilt beispielhaft $M_{\text{DET}} = 2$ und $M_C = 8$.

20

Bezeichnung des Parameters	Parameter	Gleichung	System 1	System 2
Überabtastung des Breitbandsignals	M_{WB}		96	1024
Überabtastung in Zeitrichtung	M_{DET}		2	2
Überabtastung in Frequenzrichtung	M_C		8	8
Unterabtastung = Schrittweite	U_{DET}	$M_{\text{WB}} / M_{\text{DET}}$	48	512
Anzahl Kanäle = Länge der DFT / FFT	N	$M_{\text{WB}} \cdot M_C$	768	8192
Polyphasenfaktor	P		1	1
Anzahl Koeffizienten des Filters	N_P	$P \cdot N$	768	8192
Zunahme des Datenstroms	K_{DET}	$M_C \cdot M_{\text{DET}}$	16	16

Der erforderliche Rechenaufwand ist aufgrund der typischerweise hohen Kanalanzahl N sehr hoch und hängt nur geringfügig von der Anzahl der detektierten Pakete ab.

25 2.2 Verzögerung des Breitbandsignals

Die Verarbeitung im Paket-Detektor 122 weist eine Verzögerung auf, die sich aus der Verzögerung der Filter und dem Abstand zwischen den Synchronisationssequenzen des

ersten und des letzten Teil-Pakets 142 zusammensetzen kann. Deshalb kann das Breitbandsignal 120 mittels eines Signal-Ringspeichers 170 verzögert werden, bevor es dem Paket-Decoder 124 zugeführt werden kann, wie dies in Fig. 8 gezeigt ist.

- 5 Im Detail zeigt Fig. 8 ein schematisches Blockschalbild eines Signal-Ringspeichers 170, der ausgebildet ist, um das empfangene Breitbandsignal 120 zwischen zu speichern, um ein verzögertes Breitbandsignal 120' zu erhalten. Mit anderen Worten, Fig. 8 zeigt eine Verzögerung des Breitbandsignals 120.
- 10 In einem Software-Empfänger 110 für einen massiv parallelen Empfang kann die Verzögerung zusätzlich die Zeit umfassen, die von der Detektion eines Pakets bis zur tatsächlichen Verarbeitung des Pakets verstreichen kann.

2.3 Signalverarbeitung im Decoder

- 15 Fig. 9 zeigt ein schematisches Blockschalbild eines Decoders 124, gemäß einem Ausführungsbeispiel. Der Decoder 124 ist ausgebildet, um basierend auf dem von dem Detektor 122 bereitgestellten Detektionsparameter 126 (z.B. Referenzzeitpunkt (grob) $t_{PKT,C}$, und Frequenz (grob) $f_{PKT,C}$) ein detektiertes Teil-Datenpaket 142 zu decodieren.

- 20 Der Decoder 124 kann beispielsweise einen Extrahierer 180 aufweisen, der ausgebildet ist, um basierend auf dem von dem Detektor 122 bereitgestellten Detektionsparameter 126 (z.B. Referenzzeitpunkt (grob) $t_{PKT,C}$, und Frequenz (grob) $f_{PKT,C}$) einen geeigneten Signalabschnitt (z.B. in Frequenz- und Zeitrichtung, symbolisiert durch Schalter 181 und Mischer 182) auszuwählen. Ferner kann der Decoder 124 einen Mischer 182, einen Kanalfilter 184, einen Matched-Filter 186, eine t/f Synchronisation 188 und eine Paketdecodierung 190 aufweisen.

- Wie in Fig. 9 zu erkennen ist, kann die Verarbeitung im Decoder auf der Basis der Parameter (Detektionsparameter 126) eines detektierten Pakets erfolgen. Hierbei kann der Referenz-
- 30 Zeitpunkt $t_{PKT,C}$ dem Detektionszeitpunkt im Paket-Detektor 122 mit einer zeitlichen Granularität $\Delta t_{PKT,C} = 1/f_{DET}$ entsprechen. Die Frequenz $f_{PKT,C}$ kann der Mittenfrequenz des Detektor-Kanals entsprechen, in dem das Paket detektiert wurde. Die Granularität $\Delta f_{PKT,C}$ kann dem Kanalabstand Δf_C entsprechen.

- 35 Der Schalter 180 und der Mischer 182 in Fig. 9 symbolisieren die Auswahl der Signalabschnitte der Teil-Pakete 142 in Zeit- und Frequenzrichtung anhand der Parameter

(Detektionsparameter) 126. Im Kanalfilter (CF) 184 kann eine Unterabtastung auf die Abtastrate erfolgen:

$$f_{\text{SYNC}} = M_{\text{SYNC}} \cdot f_{\text{sym}}$$

5

Der zugehörige Unterabtastfaktor beträgt:

$$U_{\text{SYNC}} = f_{\text{WB}} / f_{\text{SYNC}} = M_{\text{WB}} / M_{\text{SYNC}}$$

10 Daraus ergibt sich für die nachfolgende t-Synchronisation $t_{\text{PKT},F}$ eine Granularität $\Delta t_{\text{PKT},F} = 1 / f_{\text{SYNC}}$. Werte liegen beispielsweise (z.B. typischerweise) im Bereich $M_{\text{SYNC}} = 4 \dots 16$.

Auch im Decoder 124 können das Kanalfilter (CF) 184 und das Matched Filter (MF) 186 zu einem einzigen Filter (CF+MF) zusammengefasst werden. Hierbei kann beispielsweise das gleiche Filter wie in der Polyphasen-Filterbank (CMFB) 162 des Detektors 124 in Fig. 7 resultieren. Die Filterung kann als gewöhnliche Polyphasen-Filterung mit einer Unterabtastung um den Faktor U_{SYNC} erfolgen. Alternativ kann die Filterung mittels schneller Faltung (*Fast Convolution*) im Frequenzbereich erfolgen. Dies bietet sich auch deshalb an, weil die Signalabschnitte der Teil-Pakete häufig so kurz sind, dass die schnelle Faltung in einem Block erfolgen kann.

Die f-Synchronisation $f_{\text{PKT},F}$ kann durch eine entsprechende Rotation des Signals nach dem Matched Filter (MF) 186 erfolgen. Bei erhöhten Anforderungen durch ein höherstufiges Modulationsverfahren in Verbindung mit einer hohen Granularität $\Delta f_{\text{PKT},C}$ kann es jedoch erforderlich sein, die Mischung und Filterung mit dem genaueren Wert $f_{\text{PKT},F}$ zu wiederholen, um die durch den Frequenzversatz

$$\Delta f_{\text{PKT}} = f_{\text{PKT},F} - f_{\text{PKT},C}$$

30 verursachte Symbolinterferenz zu beseitigen.

Nach erfolgter t/f-Synchronisation können die Symbole mit der Symbolrate f_{sym} entnommen und der Paket-Decodierung 190 zugeführt werden.

35 Die nachfolgende Tabelle (Tabelle 2) fasst beispielhafte Parameter im Decoder 124 zusammen.

Bezeichnung des Parameters	Parameter	Gleichung	System 1	System 2
Überabtastung des Breitbandsignals	M_{WB}		96	1024
Überabtastung in Zeitrichtung	M_{SYNC}		12	8
Unterabtastung	U_{SYNC}	M_{WB}/M_{SYNC}	8	128
Anzahl Koeffizienten (CF+MF)	N_P	siehe Det.	768	8192

Die in Fig. 9 gezeigte Verarbeitung ist für jedes detektierte Teil-Paket 142 durchzuführen, d.h. der erforderliche Rechenaufwand ist proportional zur Anzahl der detektierten Teil-Pakete 142. Bei massiv parallelem Empfang nimmt der Rechenaufwand stark zu und kann den
5 Rechenaufwand im Detektor 122 überschreiten.

2.4 Zusammenspiel von Paket-Detektor und Paket-Decoder

Fig. 10 zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines Datenempfängers 110, gemäß einem
10 Ausführungsbeispiel. Der Datenempfänger 110 umfasst einen Detektor 122, einen Decoder 124 und einen Signal-Ringspeicher 170.

Der Detektor 122 kann eine erste Filterbank 162 umfassen, die ausgebildet sein kann, um das Breitbandsignal 120 für die Detektion der Teil-Datenpakete 142 in N Teilbandsignale 164
15 aufzuteilen, wobei die N Teilbandsignale unterschiedliche (z.B. sich teilweise überlappende) Teilbänder des Breitbandsignals 120 aufweisen können. Der Detektor 122 kann ausgebildet sein, um die Detektion der Teil-Datenpakete 142 in den N Teilbandsignalen 164 durchzuführen, beispielsweise durch Korrelation der N Teilbandsignale 164 mit einer in den Teil-Datenpaketen 142 enthaltenen (bekannten) Synchronisationssequenz oder
20 Synchronisationssequenzen, um Detektionsparameter 126 (z.B. Detektionszeitpunkte und/oder Detektionsfrequenzen) für die detektierten Teil-Datenpakete 142 bereitzustellen.

Beispielsweise kann der Detektor 122 eine Korrelation und Paket-Detektion 166 aufweisen, die ausgebildet sein kann, um die Korrelation und Paket-Detektion durchzuführen. Hierzu kann
25 die Korrelation und Paket-Detektion 166 z.B. die in Fig. 7 gezeigten Korrelatoren 158 aufweisen.

Der Signal-Ringspeicher 170 kann ausgebildet sein, um das empfangene Breitbandsignal 120 zwischen zu speichern, um ein verzögertes Breitbandsignal 120' bereitzustellen.

Der Decoder 124 kann ausgebildet sein, um die detektierten Datenpakete 142 unter Verwendung der Detektionsparameter 126 aus dem empfangenen Breitbandssignal 120 (bzw. aus der verzögerten Version des empfangenen Breitbandssignals 120') zu extrahieren.

5 Hierzu kann der Decoder 124 beispielsweise eine Mehrzahl der in Fig. 9 gezeigten Extrahierer 180 und Filterung 183 (z.B. Kanalfilter 184 und Matched-Filter 186) aufweisen. Dabei kann eine Anzahl an Kanälen des Decoders 124 mit einer Anzahl N an Kanälen des Detektors 122 übereinstimmen. Natürlich kann der Decoder 124 auch mehr oder weniger Kanäle aufweisen als der Detektor 122.

10 Bei einer geringen Anzahl an detektierten Paketen ist das in Fig. 9 gezeigte Ausführungsbeispiel des Datenempfängers 110 ohne Probleme verwendbar. Da hierbei die Signalabschnitte mit den Teil-Paketen 142 aus dem Breitbandssignal 120 extrahiert werden, fällt aufgrund der hohen Unterabtastung U_{SYNC} ein hoher Rechenaufwand an, der bei massiv
15 parallelem Empfang unter gewissen Umständen problematisch werden kann.

Abhilfe kann das in Fig. 11 gezeigte Ausführungsbeispiel eines Datenempfängers 110 schaffen, bei dem die Teilbandssignale 164 aus dem Paket-Detektor 122 auch im Paket-Decoder 124 verwendet werden.

20 Im Detail zeigt Fig. 11 ein schematisches Blockschaltbild eines Datenempfängers 110, gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel. Der Datenempfänger 110 umfasst einen Detektor 122, einen Decoder 124 und einen Signal-Ringspeicher 170.

25 Der Detektor 122 kann eine erste Filterbank 162 umfassen, die ausgebildet sein kann, um das Breitbandssignal 120 für die Detektion der Teil-Datenpakete 142 in N Teilbandssignale 164 aufzuteilen, wobei die N Teilbandssignale 164 unterschiedliche (z.B. sich teilweise überlappende) Teilbänder des Breitbandssignals 120 aufweisen. Der Detektor 122 kann ausgebildet sein, um die Detektion der Teil-Datenpakete 142 in den N Teilbandssignalen 164
30 durchzuführen, beispielsweise durch Korrelation der N Teilbandssignale 164 mit einer in den Teil-Datenpaketen 142 enthaltenen (bekannten) Synchronisationssequenz oder Synchronisationssequenzen, um Detektionsparameter 126 (z.B. Detektionszeitpunkte und/oder Detektionsfrequenzen) für die detektierten Teil-Datenpakete 142 bereitzustellen.

35 Beispielsweise kann der Detektor 122 eine Korrelation und Paket-Detektion 166 aufweisen, die ausgebildet sein kann, um die Korrelation und Paket-Detektion durchzuführen. Hierzu kann

die Korrelation und Paket-Detektion 166 z.B. die in Fig. 7 gezeigten Korrelatoren 158 aufweisen.

Der Signal-Ringspeicher 170 kann ausgebildet sein, um die von der ersten Filterbank 162 des Detektor 122 bereitgestellten N Teilbandsignale 164 zwischen zu speichern.

Der Decoder 124 kann ausgebildet sein, um die detektierten Teil-Datenpakete 142 unter Verwendung der Detektionsparameter 126 (z.B. Detektionszeitpunkte und/oder Detektionsfrequenzen) aus den jeweiligen im Signal-Ringspeicher 170 zwischengespeicherten Teilbandsignalen 164 zu extrahieren, beispielsweise durch Filterung (z.B. Kanalfilter und/oder Matched Filter) und (feine) Zeit- und/oder Frequenz-Synchronisation.

Hierzu kann der Decoder 124 beispielsweise eine Mehrzahl von Extrahierern 180 und Interpolationsfiltern 185 aufweisen. Dabei kann eine Anzahl an Kanälen des Decoders 124 mit einer Anzahl N an Kanälen des Detektors 122 übereinstimmen. Natürlich kann der Decoder 124 auch mehr oder weniger Kanäle aufweisen als der Detektor 122.

In Fig. 11 symbolisieren die Selektoren (SEL) und die Schalter die Entnahme der Signalabschnitte der Teil-Pakete aus den jeweiligen Teilbandsignalen 164 des Paket-Detektors 122. Eine Mischung ist aufgrund der Derotation der Signale in der Polyphasen-Filterbank 162 des Paket-Detektors 122 nicht erforderlich.

In dieser Anordnung kann eine Überabtastung (Interpolation) um den Faktor

$$f_{\text{SYNC}} / f_{\text{DET}} = M_{\text{SYNC}} / M_{\text{DET}}$$

durchgeführt werden. Der dazu erforderliche Rechenaufwand ist erheblich geringer, da die selektive Filterung bereits durch das Polyphasen-Filter im Paket-Detektor 122 erfolgt und deshalb eine einfache Interpolation im Frequenzbereich verwendet werden kann. Dadurch wird der erforderliche Rechenaufwand bei massiv parallelem Empfang im Vergleich zu dem in Fig. 10 gezeigten Ausführungsbeispiel des Datenempfängers 110 erheblich reduziert.

Jedoch hat auch das in Fig. 11 gezeigte Ausführungsbeispiel des Datenempfängers 110 unter gewissen Umständen einen Nachteil, der darin bestehen kann, dass der Datenstrom der Detektorsignale (Teilbandsignale 164) um den in Tabelle 1 genannten Faktor K_{DET} größer ist als der Datenstrom des Breitbandsignals 120. Dadurch nimmt die erforderliche Größe des Signal-Ringspeichers 170 ebenfalls um den Faktor K_{DET} zu. Werte für K_{DET} liegen

beispielsweise (z.B. typischerweise) im Bereich 8...16. Bei Breitbandsignalen 120 mit einer hohen Bandbreite nimmt bereits der Datenstrom des Breitbandsignals hohe Werte an. Eine weitere erhebliche Zunahme ist in diesen Fällen problematisch oder sogar unmöglich. Als Beispiel seien hier die Werte des Systems 2 mit $M_{WB} = 1024$ und einer Symbolrate $f_{sym} = 2$ kBaud genannt. Die Abtastrate f_{WB} des Breitbandsignals 120 beträgt in diesem Fall 2048 ksps. Nimmt man an, dass die diskontinuierliche Aussendung der Teil-Pakete 142 eines Pakets etwa 5 Sekunden in Anspruch nimmt und das komplex-wertige Breitbandsignal im Gleitkomma-Format mit 8 Bytes pro komplexem Abtastwert vorliegt, beträgt der Datenstrom des Breitbandsignals 16 MByte/s und die Speichergröße eines Signal-Ringpuffers für das Breitbandsignal 80 MByte. Daraus folgt mit $K_{DET} = 16$ für einen Signal-Ringpuffer für die Detektorsignale eine Speichergröße von 1280 MByte. Durch die Verwendung anderer Datenformate kann die Speichergröße zwar reduziert werden, dabei bleibt jedoch der Faktor K_{DET} zwischen den beiden Varianten näherungsweise erhalten.

Die nachfolgende Tabelle (Tabelle 3) fasst die Eigenschaften der beiden Ausführungsbeispiele des Datenempfängers 110 aus Fig. 10 und Fig. 11 zusammen.

Anordnung	Rechenaufwand	Speicherbedarf
Fig. 10	hoch	gering
Fig. 11	gering	hoch

2.5 Verwendung einer Vorzerlegung des Breitbandsignals

Fig. 12 zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines Datenempfängers 110, gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel. Der Datenempfänger 110 umfasst einen Detektor 122, einen Decoder 124, eine zweite Filterbank 172 und einen Signal-Ringspeicher 170.

Der Detektor 122 kann eine erste Filterbank 162 umfassen, die ausgebildet sein kann, um das Breitbandsignal 120 für die Detektion der Teil-Datenpaketen 142 in N Teilbandsignale 164 aufzuteilen, wobei die N Teilbandsignale unterschiedliche (z.B. sich teilweise überlappende) Teilbänder des Breitbandsignals 120 aufweisen. Der Detektor 122 kann ausgebildet sein, um die Detektion der Teil-Datenpakete 142 in den N Teilbandsignalen 164 durchzuführen, beispielsweise durch Korrelation der N Teilbandsignale 164 mit einer in den Teil-Datenpaketen 142 enthaltenen (bekannten) Synchronisationssequenz oder Synchronisationssequenzen, um Detektionsparameter 126 (z.B. Detektionszeitpunkte und/oder Detektionsfrequenzen) für die detektierten Teil-Datenpakete 142 bereitzustellen.

Beispielsweise kann der Detektor 122 eine Korrelation und Paket-Detektion 166 aufweisen, die ausgebildet sein kann, um die Korrelation und Paket-Detektion durchzuführen. Hierzu kann die Korrelation und Paket-Detektion 166 z.B. die in Fig. 7 gezeigten Korrelatoren 158 aufweisen.

5

Die zweite Filterbank 172 kann ausgebildet sein, um das Breitbandsignal 120 für die Decodierung der detektierten Teil-Datenpakete 142 in N_{IM} Teilbandsignale 174 aufzuteilen, wobei die N_{IM} Teilbandsignale 174 unterschiedliche (z.B. sich teilweise überlappende) Teilbänder des Breitbandsignals 120 aufweisen.

10

Hierbei kann eine Anzahl N_{IM} an Teilbandsignalen der von der zweiten Filterbank 172 bereitgestellten Teilbandsignale 174 für die Decodierung der detektierten Teil-Datenpakete 142 geringer sein als eine Anzahl N an Teilbandsignalen der von der ersten Filterbank 162 des Detektors 122 bereitgestellten Teilbandsignale 164 für die Detektion der zumindest zwei

15

Teil-Datenpakete 142.

Der Signal-Ringspeicher 170 kann ausgebildet sein, um die von der zweiten Filterbank 172 bereitgestellten N_{IM} Teilbandsignale 174 zwischen zu speichern.

20

Der Decoder 124 kann ausgebildet sein, um die detektierten Teil-Datenpakete unter Verwendung der Detektionsparameter 126 (z.B. Detektionszeitpunkte und/oder Detektionsfrequenzen) aus den jeweiligen in dem Signal-Ringspeicher 170 zwischengespeicherten Teilbandsignalen 174 zu extrahieren, beispielsweise durch Filterung (z.B. Kanalfilter und/oder Matched-Filter) und (feine) Zeit- und Frequenz-Synchronisation.

25

Beispielsweise kann der Decoder 124 ausgebildet sein, um für die Decodierung der detektierten Teil-Datenpakete jeweils ein geeignetes Teilbandsignal der N_{IM} Teilbandsignale 174 auszuwählen und um die detektierten Teil-Datenpakete 142 aus den jeweiligen Teilbandsignalen zu extrahieren. Beispielsweise kann der Decoder 124 unter Verwendung der jeweiligen Detektionsparameter (z.B. Detektionszeitpunkte und/oder Detektionsfrequenzen) geeignete (Zeit-)Abschnitte geeigneter Teilbandsignale für die Decodierung der jeweiligen detektierten Teil-Datenpakete auswählen und die jeweiligen detektierten Teil-Datenpakete aus den ausgewählten Teilbandsignalen extrahieren, beispielsweise durch Filterung (z.B. Kanalfilter und/oder Matched Filter) und (feine) Zeit- und Frequenz- Synchronisation.

30

Hierzu kann der Decoder 124 beispielsweise eine Mehrzahl von Extrahierern 180 und Filtern (z.B. Kanalfilter und/oder Matched-Filter) 183 aufweisen.

35

Das in Fig. 12 gezeigte Ausführungsbeispiel des Datenempfängers 110 beruht auf einer Vorzerlegung des Breitbandsignals 120. Dadurch kann ein Kompromiss zwischen dem Rechenaufwand bei massiv parallelem Empfang und dem Speicherbedarf erzielt werden.

5

Das Breitbandsignal 120 kann mit einer zusätzlichen Polyphasen-Filterbank (IMFB) 172 in überlappende Teilbänder vorzerlegt werden, wie dies in Fig. 13 gezeigt ist.

10

Im Detail zeigt Fig. 13 ein schematisches Blockschaltbild der zweiten Filterbank 172, gemäß einem Ausführungsbeispiel. Wie in Fig. 13 zu erkennen ist, kann die zweite Filterbank 172 ausgebildet sein, um das Breitbandsignal 120 durch eine Polyphasenfilterung und eine N-Punkt-DFT oder N-Punkt-FFT in die Mehrzahl von Teilbandsignalen 174 aufzuteilen.

15

Dabei kann die Abtastrate auf die Vorzerlegungsrate f_{IM} reduziert werden. Der zugehörige Unterabtastrfaktor beträgt:

$$U_{IM} = f_{WB} / f_{IM} = M_{WB} / M_{IM}$$

20

Mit Bezug auf die Abtastrate f_{SYNC} im Decoder 124 sind drei Fälle zu unterscheiden:

1. $f_{IM} > f_{SYNC}$: Unterabtastung in der Filterung (CF+MF) 183 erforderlich
2. $f_{IM} < f_{SYNC}$: Überabtastung in der Filterung (CF+MF) 183 erforderlich
3. $f_{IM} = f_{SYNC}$: keine Änderung der Abtastrate erforderlich

25

Bezüglich des Rechenaufwands in der Vorzerlegung ist der Fall 1 am günstigsten und der Fall 2 am ungünstigsten. Bezüglich des Rechenaufwands im Paket-Decoder 124 liegen die Verhältnisse genau umgekehrt. Bezüglich des Speicherbedarfs ist keine Präferenz vorhanden, da bei einer Reduktion der Abtastrate f_{IM} die Anzahl N_{IM} der Kanäle erhöht werden muss.

30

Auch bei einer Vorzerlegung nimmt der Datenstrom zu, da die Summe der Bandbreite der Teilbänder bei einer (z.B. erforderlichen) Überlappung größer ist als die Bandbreite des Breitbandsignals 120. Der Faktor der Zunahme beträgt:

$$K_{IM} = N_{IM} \cdot f_{IM} / f_{WB} = N_{IM} \cdot M_{IM} / M_{WB}$$

35

Dieser Faktor nimmt in der Praxis jedoch maximal den Wert 2 an, d.h. der Summen-Datenstrom der Teilbandsignale 174 beträgt maximal das Doppelte des Datenstroms des Breitbandsignals 120.

Das Polyphasenfilter (IMF) der Polyphasen-Filterbank (IMFB) 172 kann zwei Bedingungen erfüllen:

- 5 • Die Durchlassbereiche benachbarter Filterkanäle können sich mindestens um die Bandbreite B_S eines Teil-Pakets 142 überlappen, damit ein Teil-Paket 142 in diesem Bereich ohne nennenswerte Verzerrungen entweder dem einen oder dem anderen Filterkanal entnommen werden kann, siehe Fig. 14 Beim Filterentwurf kann der zur Verfügung stehende Spielraum voll ausgenutzt werden: $B_S = B_{IM} - \Delta f_{CIM}$.
- 10 • Die Summe aus der Bandbreite B_{IM} des Durchlassbereichs und der Sperrbandbreite B_{IMS} kann den Wert $2 \cdot f_{IM}$ nicht überschreiten, damit der Überlappungsbereich frei von Alias-Produkten bleibt, siehe Fig. 15. Auch hier kann der zur Verfügung stehende Spielraum beim Filterentwurf voll ausgenutzt werden: $B_{IM} + B_{IMS} = 2 \cdot f_{IM}$.

Es können folgende Zusammenhänge gelten:

- 15 • Bandbreite eines Teil-Pakets: $B_S = b_S \cdot f_{sym}$ mit $b_S = 1 \dots 2$
- Bandbreite des Durchlassbereichs: $B_{IM} = b_{IM} \cdot f_{IM}$ mit $b_{IM} < 1$
- Kanalabstand: $\Delta f_{CIM} = f_{WB} / N_{IM}$

Daraus folgt mit $f_{IM} = M_{IM} \cdot f_{sym}$ und $f_{WB} = M_{WB} \cdot f_{sym}$ die Bedingung:

20

$$N_{IM} > M_{WB} / (M_{IM} - b_S)$$

Die Werte für b_S und M_{WB} sind vorgegeben. Aus den Wertepaaren (M_{IM}, N_{IM}) , die die Bedingung erfüllen, wird das Wertepaar ausgewählt, für das der Rechenaufwand bei massiv parallelem
25 Empfang mit der maximal zu erwartenden Paketrate minimal wird. Dazu kann für jedes Wertepaar (M_{IM}, N_{IM}) das zugehörige Polyphasenfilter (IMF) mit einer normierten Bandbreite

$$B_{IM} / f_{WB} = b_S / M_{WB} + 1 / N_{IM}$$

30 des Durchlassbereichs und einer normierten Sperrbandbreite

$$B_{IMS} / f_{WB} = (2 \cdot M_{IM} - b_S) / M_{WB} - 1 / N_{IM}$$

entworfen werden. Die zur Erzielung einer ausreichend hohen Sperrdämpfung erforderliche
35 Koeffizienten-Anzahl N_{PIM} ist in der Regel deutlich größer als die Kanalanzahl N_{IM} . Der erforderliche Polyphasenfaktor

$$P_{IM} = N_{PIM} / N_{IM}$$

liegt beispielsweise (z.B. in der Regel) im Bereich 6...10.

- 5 Für das als Beispiel betrachtete System 1 gilt $M_{WB} = 96$ und $M_{SYNC} = 12$. Für die Bandbreite der Teil-Pakete gelte $b_s = 2$. Daraus ergibt sich die Bedingung:

$$N_{IM} > 96 / (M_{IM} - 2)$$

- 10 Um den Fall 3 zu erhalten, bei dem im Decoder 124 keine Änderung der Abtastrate erforderlich ist, muss $M_{IM} = M_{SYNC} = 12$ gelten. Daraus folgt für die Anzahl der Kanäle: $N_{IM} > 9,6$. Demnach könnte theoretisch eine DFT der Länge $N_{IM} = 10$ verwendet werden. Dabei liegt der Faktor b_{IM} jedoch sehr nahe bei Eins, so dass das Polyphasenfilter (IMF) eine sehr hohe Anzahl an Koeffizienten aufweisen muss. Ein guter Kompromiss wird in diesem Fall mit einer FFT der
- 15 Länge $N_{IM} = 16$ erzielt. In diesem Fall erhält man für die normierten Bandbreiten des Filters die Werte:

$$B_{IM} / f_{WB} = 2 / 96 + 1 / 16 = 0,0833$$

$$B_{IMS} / f_{WB} = (2 \cdot 12 - 2) / 96 - 1 / 16 = 0,1667$$

- 20 Ein entsprechender Filterentwurf mit einer Sperrdämpfung über 80 dB führt auf ein Filter mit $N_{PIM} = 96$ Koeffizienten. Der Polyphasenfaktor beträgt $P_{IM} = 6$. Der Datenstrom nimmt um den Faktor

25
$$K_{IM} = N_{IM} \cdot M_{IM} / M_{WB} = 16 \cdot 12 / 96 = 2$$

- zu. Hinsichtlich des Rechenaufwands im Decoder wäre ein geringerer Wert für M_{IM} anzustreben, z.B. $M_{IM} = 6$. Dies erfordert $N_{IM} > 24$. In diesem Fall wäre eine FFT der Länge $N_{IM} = 32$ günstig. Ob dadurch der insgesamt benötigte Rechenaufwand bei der maximal zu
- 30 erwartenden Paketrate verringert werden kann, muss experimentell ermittelt werden.

- Generell gilt, dass der optimale Wert für M_{IM} mit zunehmender Paketrate abnimmt. Dabei bewirkt der Term $-b_s$ im Nenner der oben genannten Bedingung, dass die Anzahl N_{IM} der Kanäle bei Annäherung von M_{IM} an b_s stark zunimmt. In diesem Bereich steigt dann auch der
- 35 Datenstrom stärker an. Die Anordnungen in Fig. 10 und Fig. 11 sind als Grenzfälle zu betrachten:

- Das in Fig. 10 gezeigte Ausführungsbeispiel des Datenempfängers 110 ist für sehr geringe Paketraten optimal. In diesem Fall kann der zusätzliche Rechenaufwand für die Vorzerlegung nicht durch einen verringerten Rechenaufwand im Paket-Decoder 124 kompensiert werden.
- 5 • Das in Fig. 11 gezeigte Ausführungsbeispiel des Datenempfängers 110 ist bezüglich des Rechenaufwands für sehr hohe Paketraten optimal. Es entspricht dem Grenzfall einer maximalen Vorzerlegung, bei der die Teilbänder der Vorzerlegung jeweils einen Empfangskanal bilden und die drei beteiligten Filter – das Filter in der Vorzerlegung (IMF), das Kanal (CF) und das Matched Filter (MF) zu einem Filter zusammenfallen.
- 10 Der Datenstrom nimmt dabei jedoch stark zu.

Die Extraktion der Signalabschnitte der Teil-Pakete 124 aus den Teilbändern kann in vier Schritten erfolgen, siehe Fig. 12:

1. Bestimmung des Teilbandes, in dem der Signalabschnitt liegt (SEL)
- 15 2. Entnahme des Signalabschnitts aus dem Signal des Teilbandes (SW)
3. Mischung des Signalabschnitts auf Frequenzlage Null (M)
4. Schnelle Faltung (*Fast Convolution*) des Signalabschnitts mit dem Filter (CF+MF)

Die schnelle Faltung kann aufgrund der Kürze der Signalabschnitte in der Regel in einem Block erfolgen. Sie umfasst die folgenden drei Schritte:

1. Transformation des Signalabschnitts mittels FFT in den Frequenzbereich
 2. Multiplikation mit der Frequenzbereichsdarstellung des Filters (CF+MF)
 3. Rücktransformation mittels IFFT in den Zeitbereich
- 25 In Fällen mit $f_{IM} \neq f_{SYNC}$ bzw. $M_{IM} \neq M_{SYNC}$ erfolgt die erforderliche Unter- bzw. Überabtastung durch eine Verkürzung bzw. Erweiterung (*zero stuffing*) des transformierten Abschnitts im Frequenzbereich. Die IFFT ist in diesem Fall kürzer bzw. länger als die FFT.

3. Weitere Ausführungsbeispiele

30

3.1 Getrennte Verarbeitung von Detektor und Decoder

Im Allgemeinen bestimmt in einem Empfänger der Detektor die notwendige Rechenleistung des Systems. Wird im Detektor ein Telegramm detektiert, muss es weiter verarbeitet werden, um die (mutmaßlich) übertragenen Daten zu extrahieren. Damit das System die „zusätzlichen“ Detektionen verarbeiten kann, muss hierfür eine Abschätzung getroffen werden, wie viele

35

Telegramme im Mittel etwa an der Basisstation eintreffen. Diese Telegramme müssen mit in die Berechnung der notwendigen Rechenleistung einbezogen werden.

5 Typischerweise werden diese Detektionen direkt nach der Detektion im gleichen Prozess verarbeitet. Dies bietet den Vorteil, dass die für die Verarbeitung notwendige Daten nicht zwischengespeichert werden müssen. Bei massiv parallelem Empfang von Telegrammen ist dieser Ansatz jedoch nicht umsetzbar, da die Rechenleistung des Detektors durch die zusätzliche Verarbeitung der Telegramme nicht mehr ausreichend ist.

10 Eine Lösung hierfür stellt die getrennte Verarbeitung von Detektor und Decoder dar (siehe Fig. 3). Der Detektor 122 gibt bei erfolgreicher Detektion die Detektionsparameter 126 an der Decoder 124 weiter, welcher sich um die folgende Verarbeitung kümmert. Hierdurch bleibt die Rechenleistung des Detektors 122 (nahezu) konstant und ist leichter abschätzbar.

15 Der Decoder 124 kann bei Systemen mit mehreren Rechenkernen (CPU) auf einem/mehreren weiteren Kern(en) verarbeitet werden oder auch auf verschiedenen Prozessoren. Die Berechnung der Rechenleistung des Decoders 124 erfolgt analog wie bei einem System mit kombiniertem Detektor/Decoder.

20 Weiterhin ist es ebenfalls möglich, den Detektor 122 und den Decoder 124 auf unterschiedlichen Signalverarbeitungseinheiten, die über eine Datenschnittstelle miteinander verbunden sind, zu betreiben. (z. B. Detektor im FPGA, Decoder im DSP oder GPP)

Optional kann für jedes detektierte Telegramm ein eigener Decoder-Prozess gestartet werden.
25 Dieser Prozess wartet so lange, bis die notwendigen Daten zur Decodierung zur Verfügung stehen. Ebenfalls kann er nach dem Empfang von einem Teil der Daten bereits einen ersten Decodierversuch starten und sich, falls dieser erfolgreich sein sollte, wieder beenden. Die weiteren Daten müssen somit nicht mehr decodiert werden. Falls der Versuch nicht erfolgreich ist, kann der Decoder auf weitere Daten warten und später einen weiteren Decodierversuch
30 starten.

Weiterhin vorteilhaft in dieser Art der Verarbeitung ist die Möglichkeit der parallelen Abarbeitung der einzelnen Detektionen. So kann ein kurzes Telegramm, welches später detektiert wurde, früher abgearbeitet werden als ein Telegramm, welches noch weitere Daten
35 benötigt. Hierdurch kann die maximale Gedächtnislänge des Systems reduziert werden, da die Latenz des Systems minimiert wird.

Ein weiterer Vorteil dieser Methodik liegt darin, dass bei einer (kurzzeitigen) zu hohen Zahl an detektierten Telegrammen relativ einfach einzelne detektierte Telegramme verworfen werden können, ohne den Detektor aussetzen zu müssen. Hierdurch sind die nachfolgenden Telegramme von der (kurzzeitigen) Überlastung nicht betroffen. Die Auswahl, welche
5 detektierten Telegramme verworfen werden, kann mit Hilfe eines Überlauf-Puffers oder anhand der Detektionsparameter (Zeitpunkt, Frequenzoffset, SNR) getroffen werden.

Bei Ausführungsbeispielen können der Detektor 122 und der Decoder 124 in unterschiedlichen Modulen laufen. Bei Multi Core-Systemen kann der Detektor 122 in einem anderen Thread als
10 der Decoder 124 laufen, bei Multi-Prozessor Systemen auf einem anderen Prozessor. Zwischen Detektor 122 und Decoder 124 werden nur die Detektionsparameter 126 ausgetauscht.

Bei Ausführungsbeispielen können die Detektionszeitpunkte vom Paket-Detektor 122 in einer
15 „Datenbank“ abgelegt und vom Paket-Decoder 124 aus dieser Datenbank entnommen werden, um eine Dekodierung durchzuführen. Bei einer (kurzzeitigen) Überlastung des Systems können einzelne detektierte Telegramme nicht sofort verarbeitet werden, sie werden erst nach und nach der Datenbank zum Abarbeiten entnommen.

20 **3.1.1 Datenspeicher zwischen Detektor und Decoder**

3.1.1.1 Signal-Ringspeicher für das Breitbandsignal

Gemäß Kapitel 2.4 wird ein Signal-Ringspeicher 170 verwendet, welcher das Breitbandsignal
25 120 direkt, d.h. ohne Aufteilung in Teilbänder, zwischenspeichert. Der Decoder 124 greift bei einem detektierten Telegramm direkt auf das Breitbandsignal zu und extrahiert das notwendige Telegramm.

Dieser Ansatz ist speichertechnisch die beste Lösung, da der Ringspeicher 170 nur das
30 Datenvolumen des Breitbandsignals 120 speichert. Im Gegensatz dazu nimmt das Datenvolumen durch eine Aufteilung des Breitbandsignals in Teilbänder zu.

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenspeicher 170 zwischen Detektor 122 und Decoder
124 das Breitbandsignal 120 ohne spezifische weitere Verarbeitung enthalten.

35 Bei Ausführungsbeispielen kann der Decoder 124 die Symbole aus dem Breitbandsignal 120 mittels eines DDCs (engl. digital down converter) extrahieren.

3.1.1.2 Signal-Ringspeicher für Teilband-Signale

5 Anstelle der Speicherung des Breitbandsignals 120 können wie in Kapitel 2.4 auch die Teilband-Signale 164 der Filterbank 162 gespeichert werden. Dies hat den Vorteil, dass der Decoder 124 die Teilband-Signale 164 direkt verarbeiten kann und deshalb kein DDC mehr benötigt wird. Dadurch entfällt der Rechenaufwand für den DDC. Nachteilig ist der erhöhte Speicherbedarf aufgrund des höheren Datenvolumens.

10 Falls der Überabtastfaktor M_{SYNC} im Decoder 124 höher ist als der Überabtastfaktor M_{DET} im Detektor 122, kann vor dem Decoder 124 eine Überabtastung um den Faktor $M_{\text{SYNC}} / M_{\text{DET}}$ durchgeführt werden, z.B. mit einem Interpolator.

15 Anstelle der vollständigen Speicherung der Teilband-Signale 164 des Detektors 122 kann auch nur jedes zweite, dritte, vierte Teilband-Signal in den Datenspeicher 170 abgelegt werden. Beispielsweise kann der Frequenzabstand zwischen zwei benachbarten Teilbändern wird durch den zulässigen Fehler im Korrelator des Detektors bestimmt werden. Für die Verarbeitung im Decoder kann ein geringerer Frequenzabstand ausreichend sein, so dass nicht alle Teilbänder im Decoder benötigt werden, sondern nur jedes Zweite, Dritte, usw.

20 Optional kann dies auch in Zeitrichtung geschehen, so dass nur jeder zweite, dritte, vierte Abtastwert der relevanten Teilband-Signale gespeichert wird. Hierdurch reduziert sich der Speicherbedarf. Beispielsweise kann die Abtastrate F_{DET} im Detektor wird ebenfalls durch den zulässigen Fehler im Korrelator bestimmt. Es kann der Fall eintreten, dass F_{DET} so hoch ist, dass für die Übergabe an den Decoder eine reduzierte Abtastrate ausreichend ist.

Bei Ausführungsbeispielen kann der Datenspeicher 170 zwischen Detektor 122 und Decoder 124 Signale enthalten, welche der Detektionsfilterbank 162 entnommen wurden.

30 Bei Ausführungsbeispielen kann im Signal-Ringspeicher nur jedes zweite, dritte, vierte Teilband-Signal und/oder nur jeder zweite, dritte, vierte Abtastwert der Teilband-Signale gespeichert werden, um den Speicherbedarf zu reduzieren.

35 Bei Ausführungsbeispielen kann der Decoder 124 für die Decodierung die Symbole oder einen Teil der Symbole (nur jede zweite, dritte, ... Linie der FFT) aus der Filterbank entnehmen, wie der Detektor.

Bei Ausführungsbeispielen kann es sich bei den Teilband-Signalen um die Ausgangssignale der DFT/FFT der Filterbank handeln.

3.1.1.3 Getrennte Filterbänke für Decoder und Detektor

5

Dieser Ansatz ist beispielhaft in Kapitel 2.5 beschrieben. Er stellt das Optimum aus notwendiger Rechenleistung und Speicherbedarf dar.

Das System ist dabei gekennzeichnet durch:

- 10 • eine erste Polyphasen-Filterbank (CMFB) 162 oder andere Bandzerlegung zur Bereitstellung der Teilband-Signale 164 für den Paket-Detektor 122,
- eine zweite Polyphasen-Filterbank (IMFB) 172 oder andere Bandzerlegung zur Vorzerlegung des Eingangssignals in Teilband-Signale 174 zur Minimierung des Rechenaufwands im Paket-Decoder 124,
- 15 • optional eine Filterung der Signalabschnitte der Teil-Pakete 142 mittels schneller Faltung (*Fast Convolution*) in einem Block inklusive einer eventuell erforderlichen Unter- bzw. Überabtastung.

Bei Ausführungsbeispielen kann der Decoder mit Hilfe der Detektionsparameter den benötigten Signalausschnitt aus dem zugehörigen Teilband-Signal extrahieren.

20

3.1.2 Synchronisation bei getrennter Verarbeitung von Detektor und Decoder

Typischerweise laufen Detektor und Decoder in der Verarbeitung hintereinander ab.

25

Der Detektor übernimmt die Aufgabe der Detektion der Telegramme und der Decoder die Aufgabe der Synchronisation der Telegramme.

Dies führt zu der Einschränkung, dass zeitlich parallel nur ein Telegramm detektiert werden kann. Bei Systemen mit verhältnismäßig hohen Frequenzoffsets im Vergleich zur Datenrate (z.B. durch Quarztoleranzen oder systematischen Offsets) ist es jedoch möglich, dass auf mehreren Frequenzen Telegramme parallel übertragen werden.

30

Damit diese parallele Detektion erfolgen kann, kann die Detektion mehrere Frequenzhypothesen untersuchen.

35

3.1.2.1 Synchronisation im Detektor

Die Untersuchung mehrerer Frequenzhypothesen und Auswahl derjenigen über dem Schwellwert entspricht einer Frequenzsynchronisation. In ähnlicher Weise entspricht die Detektion in Zeitrichtung einer Zeitsynchronisation.

5

Typischerweise sind die Überabtastungen in Zeit- und Frequenzrichtung im Detektor 122 geringer als diejenigen im anschließenden Decoder 124. Diese kann für die kombinierte Detektion und Synchronisation erhöht werden und/oder mit Hilfe der Nachbarkanäle/Nachbarzeitpunkte eine Interpolation durchgeführt werden, um die Auflösung der Synchronisation zu erhöhen.

10

Bei Ausführungsbeispielen kann der Detektor um die Fähigkeit der Synchronisation erweitert werden.

15 Bei Ausführungsbeispielen kann bei einer erfolgten Detektion zunächst der Frequenz- und der Zeitoffset bestimmt werden, bevor das Telegramm dem Decoder übergeben wird.

3.1.2.2 Zweistufige Synchronisation im Detektor und Decoder

20 Die im vorherigen Kapitel beschriebene Methode besitzt den Nachteil, dass in der Regel eine feinere Auflösung der Detektion in Frequenz- und Zeitrichtung notwendig ist und hierdurch mehr Rechenleistung im Detektor benötigt wird.

Um dieses Problem zu umgehen und trotzdem weiterhin eine parallele Detektion auf mehreren 25 Frequenzen durchführen zu können, bietet sich eine zweigeteilte Synchronisation an, wie dies in Fig. 9 gezeigt ist.

Hierbei wird die Detektion mit den benötigten Auflösungen in Zeit- und Frequenzrichtung durchgeführt (Grob-Synchronisation $t_{PKT,C} / f_{PKT,C}$). Erfolgt eine Detektion, wird der Zeitpunkt und die Frequenz mit der gewählten Auflösung an den Decoder 124 übergeben. Dieser nutzt diese beiden Parameter und führt die Synchronisation nur noch innerhalb der verbleibenden 30 Genauigkeiten durch (Fein-Synchronisation $t_{PKT,F} / f_{PKT,F}$).

Ein weiterer Vorteil dieser Methode besteht darin, dass der Decoder 124 durch die grobe 35 Synchronisation weniger Zeit- und Frequenzhypothesen testen muss und somit die benötigte Rechenleistung niedriger ist.

Bei Ausführungsbeispielen kann der Detektor 122 dem Decoder 124 einen groben Zeit- und Frequenzoffset (Detektionsparameter) zur Verfügung stellen.

5 Bei Ausführungsbeispielen kann der Decoder 124 die Fein-Synchronisation auf Basis der Genauigkeit der groben Synchronisation des Detektors 122 berechnen. Der grobe Frequenzversatz $f_{PKT,C}$, der bei der Synchronisation im Detektor 122 gewonnen wird, wird vor der Fein-Synchronisation kompensiert.

3.1.3 Unterschiedliche Filter für die Detektor- und Decoder-Filterbank

10

Durch die Verwendung von zwei getrennten Filterbänken oder bei der direkten Speicherung des Breitbandsignals im Ringpuffer besteht die Möglichkeit, verschiedene Filtercharakteristiken einzusetzen.

15

So kann anstelle des Matched-Filters (MF) bei der Detektion eine Annäherung verwendet werden, welche eine bessere Sperrdämpfung aufweist und somit bei Multikanalempfang die Selektion der einzelnen Übertragungen verbessert.

20

Im Decoder 124 kann es von Vorteil sein, eine Filtercharakteristik einzusetzen, die die Synchronisationseigenschaften verbessert (bei MSK z.B. RC bzw. RRC-Filter anstelle des MF).

25

Bei Ausführungsbeispielen können in den Filtern bzw. Filterbänken unterschiedliche Filtercharakteristiken eingesetzt werden, die die Funktionalität des Detektors/Decoders verbessern.

Bei Ausführungsbeispielen kann eine Filterbank IMFB eingesetzt werden, die eine FFT oder eine DFT verwendet.

30

Bei Ausführungsbeispielen können auch andere Verfahren zur Zerlegung des Breitbandsignals in Teilbänder verwendet werden, z.B. Verfahren, die keine FFT oder DFT verwenden.

4. Weitere Ausführungsbeispiele

35

Fig. 16 zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens 200 zum empfangen eines Breitbandsignals, wobei das Breitbandsignal zumindest zwei Teil-Datenpakete aufweist, die

über verschiedene Frequenzen [z.B. Frequenzkanäle] verteilt sind. Das Verfahren 200 umfasst einen Schritt 202 des Detektierens der zumindest zwei Teil-Datenpakete in dem Breitbandsignal, um zumindest einen Detektionsparameter für die detektierten Teil-Datenpakete bereitzustellen. Ferner umfasst das Verfahren 200 einen Schritt 204 des Decodierens der detektierten Teil-Datenpakete unter Verwendung der Detektionsparameter, wobei die Detektion und die Decodierung getrennt voneinander durchgeführt oder verarbeitet werden.

Fig. 17 zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens 210 zum Empfangen eines Breitbandsignals, wobei das Breitbandsignal zumindest zwei Teil-Datenpakete aufweist, die über verschiedene Frequenzen [z.B. Frequenzkanäle] verteilt sind. Das Verfahren 210 umfasst einen Schritt 212 des Filterns des empfangenen Breitbandsignals mit einer Filterbank, um das empfangene Breitbandsignal in eine Mehrzahl von Teilbandsignalen für eine [z.B. nachfolgende] Detektion oder Decodierung der Teil-Datenpakete aufzuteilen, wobei die Mehrzahl von Teilbandsignalen unterschiedliche [z.B. sich teilweise überlappende] Teilbänder des Breitbandsignals aufweisen, wobei die Filterbank einen Polyphasenfilter aufweist.

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 ausgeführt werden. Bei einigen Ausführungsbeispielen können einige oder mehrere der wichtigsten Verfahrensschritte durch einen solchen Apparat ausgeführt werden.

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.

5 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.

10 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.

15 Der Programmcode kann beispielsweise auch auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert sein.

20 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.

25 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. Der Datenträger, das digitale Speichermedium oder das computerlesbare
30 Medium sind typischerweise gegenständlich und/oder nichtvergänglich bzw. nichtvorübergehend.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens ist somit ein Datenstrom oder eine Sequenz von Signalen, der bzw. die das Computerprogramm zum
35 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.

5 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.

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

10 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
15 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.

Bei manchen Ausführungsbeispielen kann ein programmierbares Logikbauelement
20 (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
25 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.

Die hierin beschriebenen Vorrichtungen können beispielsweise unter Verwendung eines
30 Hardware-Apparats, oder unter Verwendung eines Computers, oder unter Verwendung einer Kombination eines Hardware-Apparats und eines Computers implementiert werden.

Die hierin beschriebenen Vorrichtungen, oder jedwede Komponenten der hierin beschriebenen Vorrichtungen können zumindest teilweise in Hardware und/oder in Software
35 (Computerprogramm) implementiert sein.

Die hierin beschriebenen Verfahren können beispielsweise unter Verwendung eines Hardware-Apparats, oder unter Verwendung eines Computers, oder unter Verwendung einer Kombination eines Hardware-Apparats und eines Computers implementiert werden.

- 5 Die hierin beschriebenen Verfahren, oder jedwede Komponenten der hierin beschriebenen Verfahren können zumindest teilweise durch Hardware und/oder durch Software ausgeführt werden.

- 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 Schutzzumfang der nachstehenden Patentansprüche und nicht durch die spezifischen Einzelheiten, die anhand der Beschreibung und der Erläuterung der Ausführungsbeispiele
- 10
15
- hierin präsentiert wurden, beschränkt sei.

Patentansprüche

1. Datenempfänger (110),

5

wobei der Datenempfänger (110) ausgebildet ist, um ein Breitbandsignal (120) zu empfangen, wobei das Breitbandsignal (120) zumindest zwei Teil-Datenpakete (142) aufweist, die in der Zeit und/oder Frequenz verteilt sind,

10

wobei der Datenempfänger (110) ausgebildet ist, um eine Detektion der zumindest zwei Teil-Datenpakete (142) in dem Breitbandsignal (120) durchzuführen, und um zumindest einen Detektionsparameter (126) für die detektierten Teil-Datenpakete (142) bereitzustellen,

15

wobei der Datenempfänger (110) ausgebildet ist, um unter Verwendung des zumindest einen Detektionsparameters (126) eine Decodierung der detektierten Teil-Datenpakete (142) durchzuführen,

20

wobei der Datenempfänger (110) ausgebildet ist, um die Detektion und die Decodierung getrennt voneinander durchzuführen oder zu verarbeiten.

2. Datenempfänger (110) nach dem vorangehenden Anspruch,

25

wobei der Datenempfänger (110) ausgebildet ist, um die Detektion kontinuierlich durchzuführen.

3. Datenempfänger (110) nach einem der vorangehenden Ansprüche,

30

wobei der Datenempfänger (110) ausgebildet ist, um die Decodierung in Abhängigkeit von einer zur Verfügung stehenden Rechenleistung des Datenempfängers (110) durchzuführen.

4. Datenempfänger (110) nach einem der vorangehenden Ansprüche,

35

wobei der Datenempfänger (110) ausgebildet ist, um die Detektion und die Decodierung in verschiedenen Prozessen auszuführen oder zu verarbeiten.

5. Datenempfänger (110) nach einem der vorangehenden Ansprüche,

wobei der Datenempfänger (110) ausgebildet ist, um die Detektion und die Decodierung auf verschiedenen Prozessoren des Datenempfängers (110) oder auf
5 verschiedenen Prozessorkernen oder Threads eines Prozessors des Datenempfängers (110) auszuführen oder zu verarbeiten.

6. Datenempfänger (110) nach einem der vorangehenden Ansprüche,

10 wobei der Datenempfänger (110) getrennte Signalverarbeitungseinrichtungen aufweist, die über eine Datenschnittstelle miteinander verbunden sind,

wobei der Datenempfänger (110) ausgebildet ist, um die Detektion und die Decodierung auf unterschiedlichen Signalverarbeitungseinrichtungen auszuführen
15 oder zu verarbeiten.

7. Datenempfänger (110) nach einem der vorangehenden Ansprüche,

wobei die zumindest zwei Teil-Datenpakete (142) eine erste Mehrzahl von Teil-Datenpaketen und eine zweite Mehrzahl von Teil-Datenpaketen umfassen,
20

wobei die erste Mehrzahl von Teil-Datenpaketen erste Daten aufweisen, die aufgeteilt auf die erste Mehrzahl von Teil-Datenpaketen auf mehreren Frequenzkanälen verteilt und zu unterschiedlichen Zeitpunkten übertragen werden,
25

wobei die zweite Mehrzahl von Teil-Datenpaketen zweite aufweisen, die aufgeteilt auf die zweite Mehrzahl von Teil-Datenpaketen auf mehreren Frequenzkanälen verteilt und zu unterschiedlichen Zeitpunkten übertragen werden,

30 wobei der Datenempfänger (110) ausgebildet ist, um die Decodierung von detektierten Teil-Datenpaketen der ersten Mehrzahl von Teil-Datenpaketen und die Decodierung von detektierten Teil-Datenpaketen der zweiten Mehrzahl von Teil-Datenpaketen parallel durchzuführen.

35 8. Datenempfänger (110) nach Anspruch 7,

wobei die erste Mehrzahl von Teil-Datenpaketen und die zweite Mehrzahl von Teil-Datenpaketen vom gleichen Datensender (100) gesendet wurden,

5 oder wobei die erste Mehrzahl von Teil-Datenpaketen und die zweite Mehrzahl von Teil-Datenpaketen von unterschiedlichen Datensendern gesendet wurden.

9. Datenempfänger (110) nach einem der Ansprüche 7 bis 8,

10 wobei der Datenempfänger (110) ausgebildet ist, um die Decodierung der detektierten Teil-Datenpakete der ersten Mehrzahl von Teil-Datenpaketen oder der zweiten Mehrzahl von Teil-Datenpaketen unabhängig von der anderen Decodierung zu starten, wenn alle Teil-Datenpakete der jeweiligen Mehrzahl von Teil-Datenpaketen detektiert wurden oder wenn unter Berücksichtigung einer senderseitigen Redundanz einbringenden Codierung genügend Teil-Datenpakete der jeweiligen Mehrzahl von
15 Teil-Datenpaketen für eine wahrscheinlich erfolgreiche Decodierung detektiert wurden.

10. Datenempfänger (110) nach einem der vorangehenden Ansprüche,

20 wobei der Datenempfänger (110) ausgebildet ist, um das empfangene Breitbandssignal (120) oder eine weiterverarbeitete Version des Breitbandssignals (164,174) für die Decodierung zwischen zu speichern.

11. Datenempfänger (110) nach Anspruch 10,

25 wobei die weiterverarbeitete Version des Breitbandssignals eine in eine Mehrzahl von Teilbandssignalen aufgeteilte Version des Breitbandssignals (164,174) ist.

12. Datenempfänger (110) nach einem der Ansprüche 10 bis 11,

30 wobei der Datenempfänger (110) ausgebildet ist, um eine in der Zeit und/oder Frequenz unterabgetastete Version des Breitbandssignals oder der weiterverarbeiteten Version des Breitbandssignals zwischen zu speichern.

13. Datenempfänger (110) nach Anspruch 12,

35

wobei der Datenempfänger (110) ausgebildet ist, um das empfangene Breitbandssignal (120) zwischen zu speichern,

wobei der Datenempfänger (110) ausgebildet ist, um eine Unterabtastung U ($=f_{WB}/f_{SYNC}=M_{WB}/M_{SYNC}$) durchzuführen.

5 14. Datenempfänger (110) nach einem der vorangehenden Ansprüche,

wobei der Datenempfänger (110) ausgebildet ist, um das Breitbandsignal (120) für die Detektion der Mehrzahl von Teil-Datenpaketen (142) in eine Mehrzahl von Teilbandsignalen (164) aufzuteilen, wobei die Mehrzahl von Teilbandsignalen (163) unterschiedliche Teilbänder des Breitbandsignals (120) aufweisen,

wobei der Datenempfänger (110) ausgebildet ist, um die Detektion der zumindest zwei Teil-Datenpakete (142) in den unterschiedlichen Teilbändern der Mehrzahl von Teilbandsignalen (164) durchzuführen.

15

15. Datenempfänger (110) nach dem vorangehenden Anspruch,

wobei der Datenempfänger (110) ausgebildet ist, um das Breitbandsignal durch eine Polyphasenfilterung oder eine Polyphasen-Filterbank (162) in die Mehrzahl von Teilbandsignalen (164) aufzuteilen.

20

16. Datenempfänger (110) nach einem der Ansprüche 14 bis 15,

wobei der Datenempfänger (110) ausgebildet ist, um beim Aufteilen des Breitbandsignals in die Mehrzahl von Teilbandsignalen (164) eine Unterabtastung U_{DET} ($=f_{WB}/f_{DET}=M_{WB}/M_{DET}$) durchzuführen.

25

17. Datenempfänger (110) nach einem der Ansprüche 14 bis 16,

wobei die zumindest zwei Teil-Datenpakete (142) eine erste Mehrzahl von Teil-Datenpaketen umfassen,

30

wobei die erste Mehrzahl von Teil-Datenpaketen erste Daten aufweisen, die aufgeteilt auf die erste Mehrzahl von Teil-Datenpaketen auf mehreren Frequenzkanälen verteilt und zu unterschiedlichen Zeitpunkten übertragen werden,

35

wobei der Datenempfänger (110) ferner ausgebildet ist, um einen Frequenz- und/oder Zeitoffset der detektierten Teil-Datenpakete der ersten Daten zu ermitteln, wobei die Detektionsparameter (126) ferner den ermittelten Frequenz- und/oder Zeitoffset aufweisen.

5

18. Datenempfänger (110) nach Anspruch 10 und nach einem der Ansprüche 14 bis 17,

10

wobei die Mehrzahl von Teilbandsignalen (164), auf die das Breitbandsignal (120) aufgeteilt ist, die weiterverarbeitete Version des Breitbandsignals ist, die für die Decodierung zwischengespeichert ist,

wobei der Datenempfänger (110) ausgebildet ist, um die detektierten Teil-Datenpakete (142) unter Verwendung der Detektionsparameter (126) aus den jeweiligen zwischengespeicherten Teilbandsignalen (164) zu extrahieren.

15

19. Datenempfänger (110) nach dem vorangehenden Anspruch,

20

wobei der Datenempfänger (110) ausgebildet ist, um eine Überabtastung M ($=f_{\text{SYNC}}/f_{\text{DET}}=M_{\text{SYNC}}/M_{\text{DET}}$) der Mehrzahl von zwischengespeicherten Teilbandsignalen (164) durchzuführen.

20. Datenempfänger (110) nach einem der vorangehenden Ansprüche,

25

wobei der Datenempfänger (110) ausgebildet ist, um das Breitbandsignal (120) für die Decodierung der detektierten Teil-Datenpakete in eine Mehrzahl von Teilbandsignalen (174) aufzuteilen, wobei die Mehrzahl von Teilbandsignalen (174) unterschiedliche Teilbänder des Breitbandsignals (120) aufweisen,

30

wobei der Datenempfänger (110) ausgebildet ist, um die detektierten Teil-Datenpakete (142) unter Verwendung der Detektionsparameter (126) aus den jeweiligen Teilbandsignalen (174) zu extrahieren.

21. Datenempfänger (110) nach dem vorangehenden Anspruch,

35

wobei der Datenempfänger (110) ausgebildet ist, um für die Decodierung der detektierten Teil-Datenpakete (142) jeweils ein geeignetes Teilbandsignal der

Mehrzahl von Teilbandsignalen auszuwählen, und um die detektierten Teil-Datenpakete (142) aus den jeweiligen Teilbandsignalen zu extrahieren.

22. Datenempfänger (110) nach einem der Ansprüche 20 bis 21,

5

wobei der Datenempfänger (110) ausgebildet ist, um das Breitbandssignal (120) durch eine Polyphasenfilterung oder Polyphasen-Filterbank (172) in die Mehrzahl von Teilbandsignalen (174) aufzuteilen.

10 23. Datenempfänger (110) nach einem der Ansprüche 20 bis 22,

wobei der Datenempfänger (110) ausgebildet ist, um beim Aufteilen des Breitbandssignals in die Mehrzahl von Teilbandsignalen (174) eine Unterabtastung U_{IM} ($=f_{WB}/f_{IM}=M_{WB}/M_{IM}$) durchzuführen.

15

24. Datenempfänger (110) nach einem der Ansprüche 20 bis 23,

wobei der Datenempfänger (110) ausgebildet ist, um das Breitbandssignal (120) in eine Mehrzahl von Teilbandsignalen (174) mit sich überlappenden Teilbändern aufzuteilen, wobei sich die Teilbänder zumindest um eine Bandbreite eines der Teil-Datenpakete (142) überlappen.

20

25. Datenempfänger (110) nach einem der Ansprüche 20 bis 24,

wobei der Datenempfänger (110) ausgebildet ist, um das Breitbandssignal (120) in eine Mehrzahl von Teilbandsignalen (174) mit sich überlappenden Teilbändern aufzuteilen, wobei bei der Aufteilung des Breitbandssignals eine Summe aus einer Bandbreite eines Durchlassbereichs für eines der Teilbandsignale und aus einer Sperrbandbreite eines des Teilbandsignals benachbarten Teilbandsignals nicht größer ist als eine doppelte Abtastrate f_{IM} ($=M_{IM} \cdot f_{sym}$) der Mehrzahl von Teilbandsignalen (174).

30

26. Datenempfänger (110) nach einem der Ansprüche 20 bis 25,

wobei der Datenempfänger (110) ausgebildet ist, um eine Umtastung U ($=f_{IM}/f_{sync}=M_{IM}/M_{sync}$) der Mehrzahl von Teilbandsignalen (174) durchzuführen.

35

27. Datenempfänger (110) nach dem vorangehenden Anspruch,

wobei die Umtastung eine Unterabtastung U ($=f_{IM}/f_{SYNC}=M_{IM}/M_{SYNC}$) ist.

- 5 28. Datenempfänger (110) nach einem der Ansprüche 14 bis 16 und nach einem der Ansprüche 20 bis 27,

wobei eine Abtastrate f_{IM} ($=M_{IM} \cdot f_{sym}$) der Mehrzahl von Teilbandsignalen (174) für die Decodierung der detektierten Teil-Datenpakete (142) größer ist als eine Abtastrate f_{DET} ($=M_{DET} \cdot f_{sym}$) der Mehrzahl von Teilbandsignalen (164) für die Detektion der zumindest zwei Teil-Datenpakete (142).

- 10 29. Datenempfänger (110) nach Anspruch 28, oder nach einem der Ansprüche 14 bis 16 und nach einem der Ansprüche 20 bis 27,

15 wobei eine Anzahl an Teilbandsignalen N_{IM} der Teilbandsignalen (174) für die Decodierung der detektierten Teil-Datenpakete (142) geringer ist als eine Anzahl an Teilbandsignalen N der Teilbandsignale (164) für die Detektion der zumindest zwei Teil-Datenpakete (142).

- 20 30. Datenempfänger (110) nach einem der Ansprüche 28 bis 29, oder nach einem der Ansprüche 14 bis 16 und nach einem der Ansprüche 20 bis 27,

25 wobei der Datenempfänger (110) ausgebildet ist, um das empfangene Breitbandssignal (120) mittels unterschiedlicher Filtercharakteristiken in die Mehrzahl von Teilbandsignalen (164) für die Detektion der zumindest zwei Teil-Datenpakete (142) und die Mehrzahl von Teilbandsignalen (174) für die Decodierung der detektierten Teil-Datenpakete (142) aufzuteilen.

- 30 31. Datenempfänger (110) nach dem vorangehenden Anspruch,

wobei die unterschiedlichen Filter unterschiedliche Frequenzgänge aufweisen.

32. Datenempfänger (110) nach einem der vorangehenden Ansprüche,

35 wobei eine Bandbreite des Breitbandssignals (120) mindestens so groß ist, dass die zumindest zwei Teil-Datenpakete (142) auch bei einem maximal zulässigen

Frequenzversatz zwischen Datensender (100) und Datenempfänger (110) vom Datenempfänger (110) empfangen werden können.

33. Verfahren (200) zum empfangen eines Breitbandsignals, wobei das Breitbandsignal
5 zumindest zwei Teil-Datenpakete aufweist, die über verschiedene Frequenzen verteilt sind, wobei das Verfahren aufweist

10 Detektieren (202) der zumindest zwei Teil-Datenpakete in dem Breitbandsignal, um zumindest einen Detektionsparameter für die detektierten Teil-Datenpakete bereitzustellen,

Decodieren (204) der detektierten Teil-Datenpakete unter Verwendung der Detektionsparameter,

15 wobei die Detektion und die Decodierung getrennt voneinander durchgeführt oder verarbeitet werden.

34. Computerprogramm zur Durchführung des Verfahrens nach dem vorangehenden
20 Anspruch, wenn das Computerprogramm auf einem Computer, Mikroprozessor oder eingebettetem System abläuft.

35. Datenempfänger (110),

25 wobei der Datenempfänger (110) ausgebildet ist, um ein Breitbandsignal (120) zu empfangen, wobei das Breitbandsignal zumindest zwei Teil-Datenpakete (142) aufweist, die in der Zeit und/oder Frequenz verteilt sind,

30 wobei der Datenempfänger (110) eine Filterbank (162,172) aufweist, die ausgebildet ist, um das empfangene Breitbandsignal in eine Mehrzahl von Teilbandsignalen (164,174) für eine Detektion oder Decodierung der Teil-Datenpakete (142) aufzuteilen, wobei die Mehrzahl von Teilbandsignalen (164,174) unterschiedliche Teilbänder des Breitbandsignals (120) aufweisen,

wobei die Filterbank (162,172) einen Polyphasenfilter aufweist;

wobei die Filterbank eine erste Filterbank (164) ist, die ausgebildet ist, um das empfangene Breitbandssignal (120) in die Mehrzahl von Teilbandssignalen (164) für die Detektion der Teil-Datenpakete (142) aufzuteilen,

5 wobei der Datenempfänger (110) eine zweite Filterbank (172) aufweist, die ausgebildet ist, um das empfangene Breitbandssignal (120) in eine Mehrzahl von Teilbandssignalen für die Decodierung der Teil-Datenpakete (142) aufzuteilen, wobei die Mehrzahl von Teilbandssignalen (174) unterschiedliche Teilbänder des Breitbandssignals (120) aufweisen,

10

wobei die zweite Filterbank (172) einen Polyphasenfilter aufweist.

36. Datenempfänger (110) nach dem vorangehenden Anspruch,

15

wobei die Filterbank (162,172) eine N-Punkt-DFT oder N-Punkt-FFT aufweist.

37. Datenempfänger (110) nach einem der vorangehenden Ansprüche,

wobei die Filterbank (162,172) einen N-Kanal-Mischer aufweist.

20

38. Datenempfänger (110) nach einem der vorangehenden Ansprüche,

25

wobei die Filterbank (162,172) ausgebildet ist, um eine Unterabtastung des empfangenen Breitbandssignals (120) durchzuführen, so dass eine Abtastrate der Mehrzahl von Teilbandssignalen (164,174) geringer ist als eine Abtastrate des empfangenen Breitbandssignals (120).

39. Datenempfänger (110) nach einem der vorangehenden Ansprüche,

30

wobei die zweite Filterbank (172) eine N-Punkt-DFT oder N-Punkt-FFT aufweist.

40. Datenempfänger (110) nach einem der vorangehenden Ansprüche,

35

wobei die zweite Filterbank (172) ausgebildet ist, um eine Unterabtastung des empfangenen Breitbandssignals (120) durchzuführen, so dass eine Abtastrate der Mehrzahl von Teilbandssignalen (174) geringer ist als eine Abtastrate des empfangenen Breitbandssignals (120).

41. Datenempfänger (110) nach einem der der vorangehenden Ansprüche,

5 wobei die zweite Filterbank (172) ausgebildet ist, um das Breitbandsignal (120) in eine Mehrzahl von Teilbandsignalen (174) mit sich überlappenden Teilbändern aufzuteilen, wobei sich die Teilbänder zumindest um eine Bandbreite eines der Teil-Datenpakete (142) überlappen.

10 42. Datenempfänger (110) nach einem der der vorangehenden Ansprüche,

wobei die zweite Filterbank (172) ausgebildet ist, um das Breitbandsignal (120) in eine Mehrzahl von Teilbandsignalen (174) mit sich überlappenden Teilbändern aufzuteilen, wobei bei der Aufteilung des Breitbandsignals eine Summe aus einer Bandbreite eines Durchlassbereichs für eines der Teilbandsignale und aus einer Sperrbandbreite eines
15 des Teilbandsignals benachbarten Teilbandsignals nicht größer ist als eine doppelte Abtastrate der Mehrzahl von Teilbandsignalen ist.

43. Datenempfänger (110) nach einem der der vorangehenden Ansprüche,

20 wobei eine Abtastrate f_{IM} ($=M_{IM} \cdot f_{sym}$) der von der zweiten Filterbank (172) bereitgestellten Mehrzahl von Teilbandsignalen (174) für die Decodierung der Teil-Datenpakete (142) größer ist als eine Abtastrate f_{DET} ($=M_{DET} \cdot f_{sym}$) der von der ersten Filterbank (162) bereitgestellten Mehrzahl von Teilbandsignalen (164) für die Detektion der Teil-Datenpakete (142).

25 44. Datenempfänger (110) nach einem der der vorangehenden Ansprüche,

wobei eine Anzahl an Teilbandsignalen N_{IM} der von der zweiten Filterbank (172) bereitgestellten Teilbandsignale (174) für die Decodierung der Teil-Datenpakete (142)
30 geringer ist als eine Anzahl an Teilbandsignalen N der von der ersten Filterbank (162) bereitgestellten Teilbandsignale (164) für die Detektion der Teil-Datenpakete (142).

45. Datenempfänger (110) nach einem der der vorangehenden Ansprüche,

35 wobei die erste Filterbank (162) und die zweite Filterbank (164) unterschiedliche Filtercharakteristiken aufweisen.

46. Datenempfänger (110) nach einem der vorangehenden Ansprüche,

wobei der Datenempfänger (110) einen Detektor (122) aufweist, der ausgebildet ist, um die zumindest zwei Teil-Datenpakete (142) in den unterschiedlichen Teilbändern der Mehrzahl von Teilbandsignalen (164) zu detektieren, um Detektionsparameter (126) für die detektierten Teil-Datenpakete bereitzustellen.

47. Datenempfänger (110) nach einem der vorangehenden Ansprüche,

wobei der Datenempfänger (110) einen Decoder (124) aufweist, der ausgebildet ist, um detektierte Teil-Datenpakete (142) unter Verwendung von Detektionsparametern (126) aus den jeweiligen Teilbandsignalen (174) zu extrahieren.

48. Verfahren (210) zum Empfangen eines Breitbandsignals, wobei das Breitbandsignal zumindest zwei Teil-Datenpakete aufweist, die über verschiedene Frequenzen verteilt sind, aufweisend

Filtern (212) des empfangenen Breitbandsignals mit einer ersten Filterbank, um das empfangene Breitbandsignal in eine Mehrzahl von Teilbandsignalen für eine Detektion der Teil-Datenpakete aufzuteilen, wobei die Mehrzahl von Teilbandsignalen unterschiedliche Teilbänder des Breitbandsignals aufweisen,

wobei die erste Filterbank einen Polyphasenfilter aufweist,

Filtern des empfangenen Breitbandsignals mit einer zweiten Filterbank, um das empfangene Breitbandsignal in eine Mehrzahl von Teilbandsignalen für eine Decodierung der Teil-Datenpakete aufzuteilen, wobei die Mehrzahl von Teilbandsignalen unterschiedliche Teilbänder des Breitbandsignals aufweisen,

wobei die zweite Filterbank einen Polyphasenfilter aufweist.

49. Computerprogramm zur Durchführung des Verfahrens nach dem vorangehenden Anspruch, wenn das Computerprogramm auf einem Computer oder Mikroprozessor abläuft.

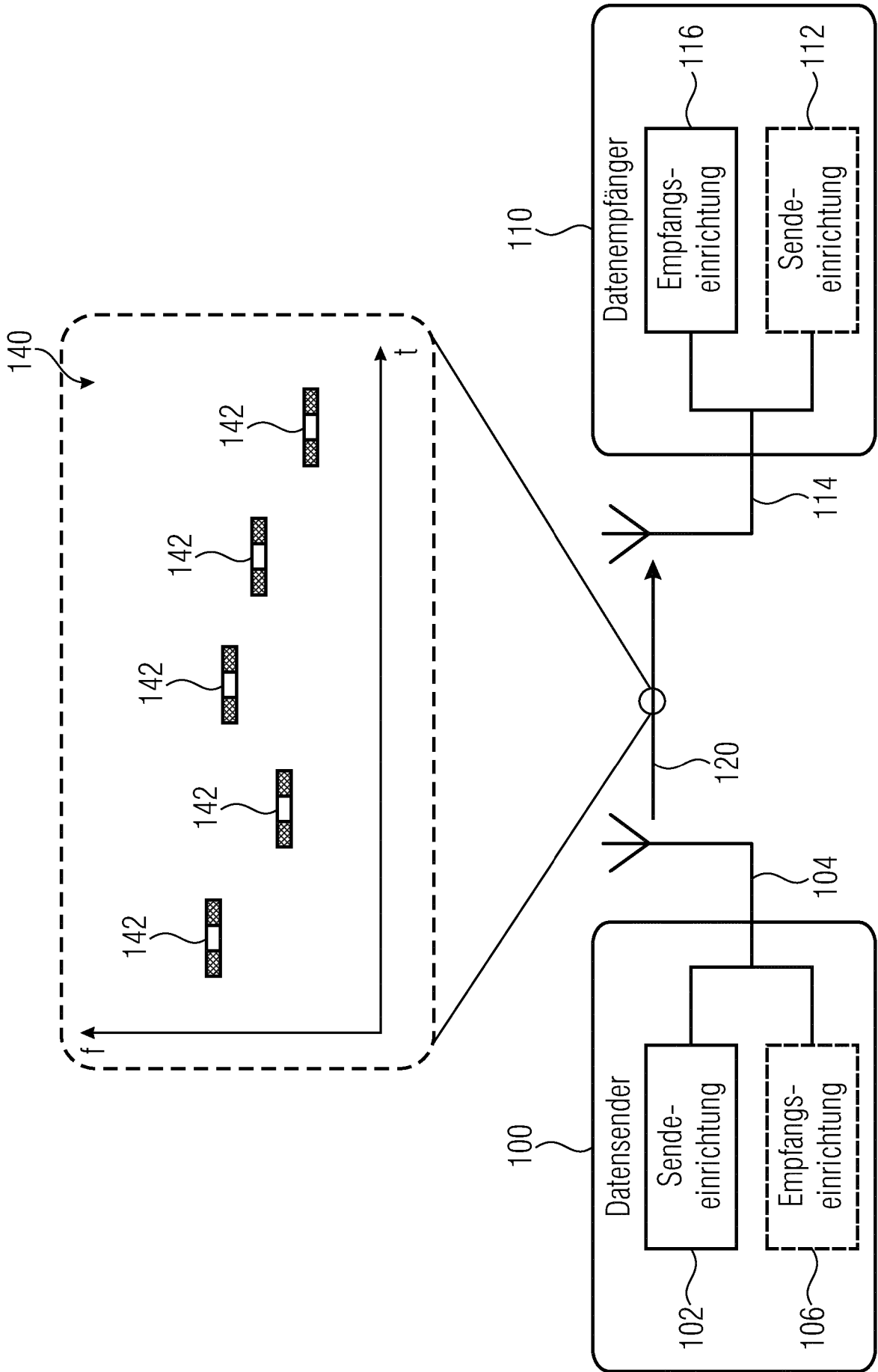


Fig. 1

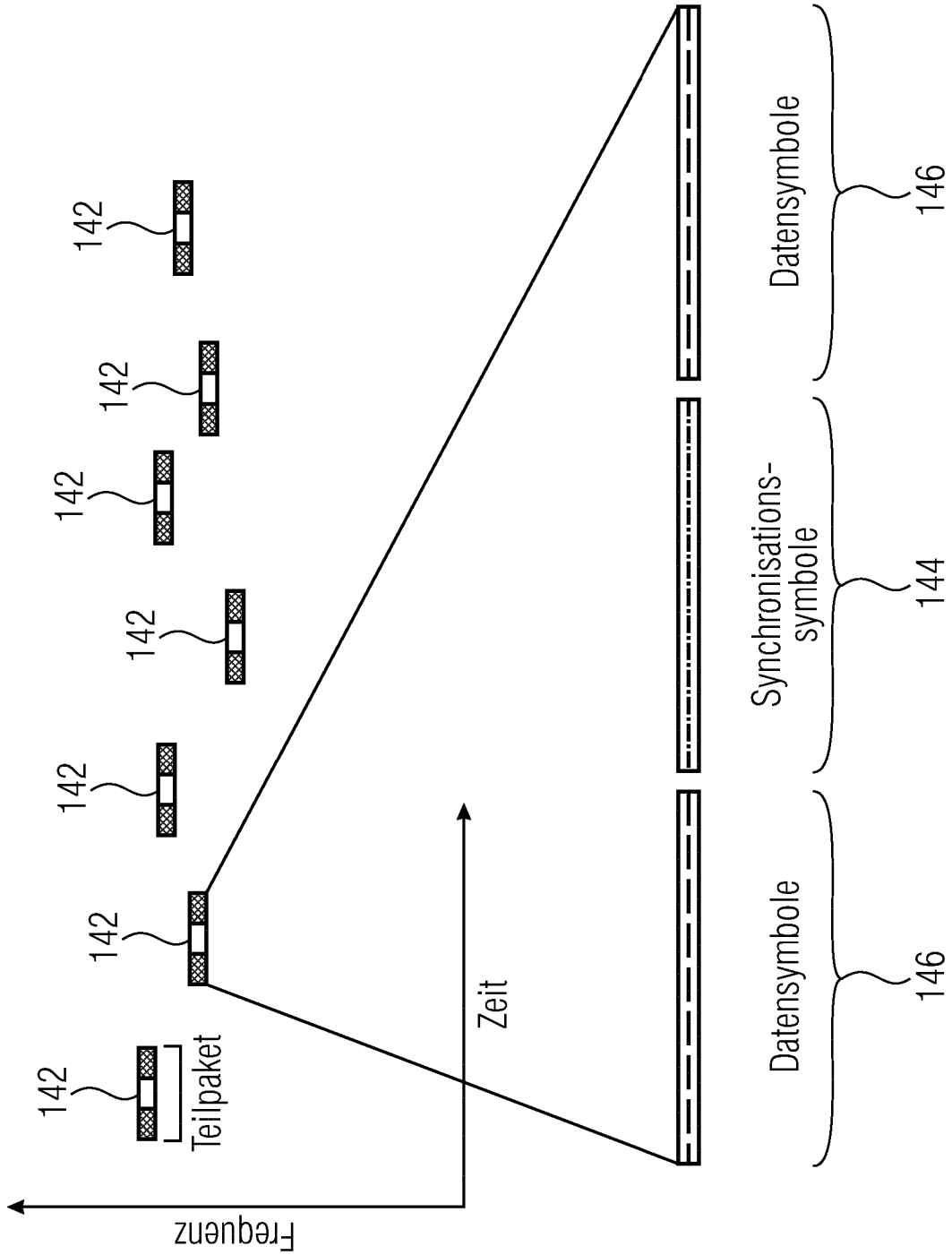


Fig. 2

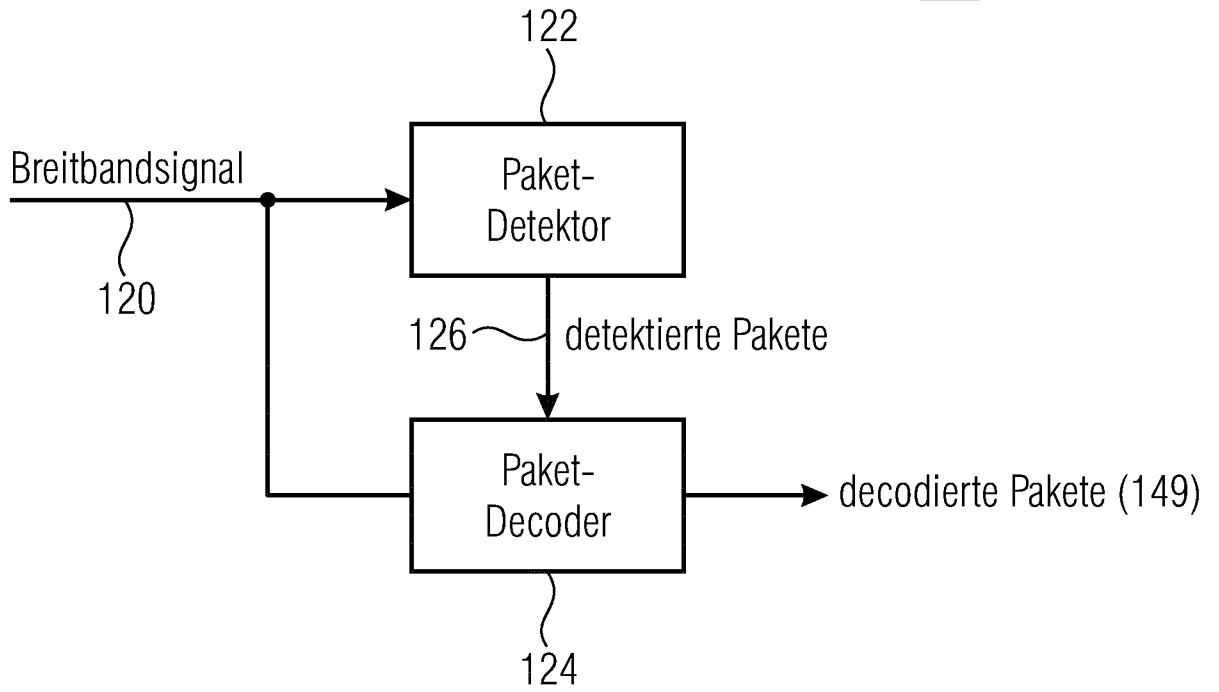


Fig. 3

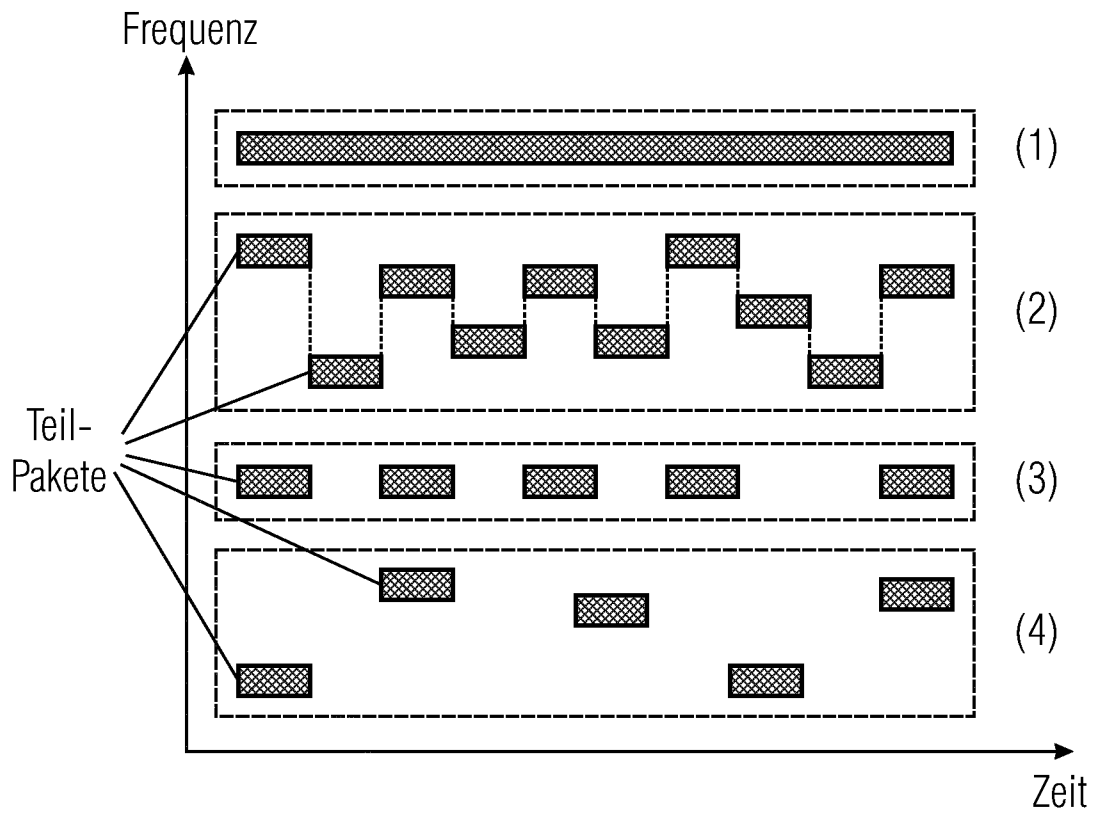


Fig. 4

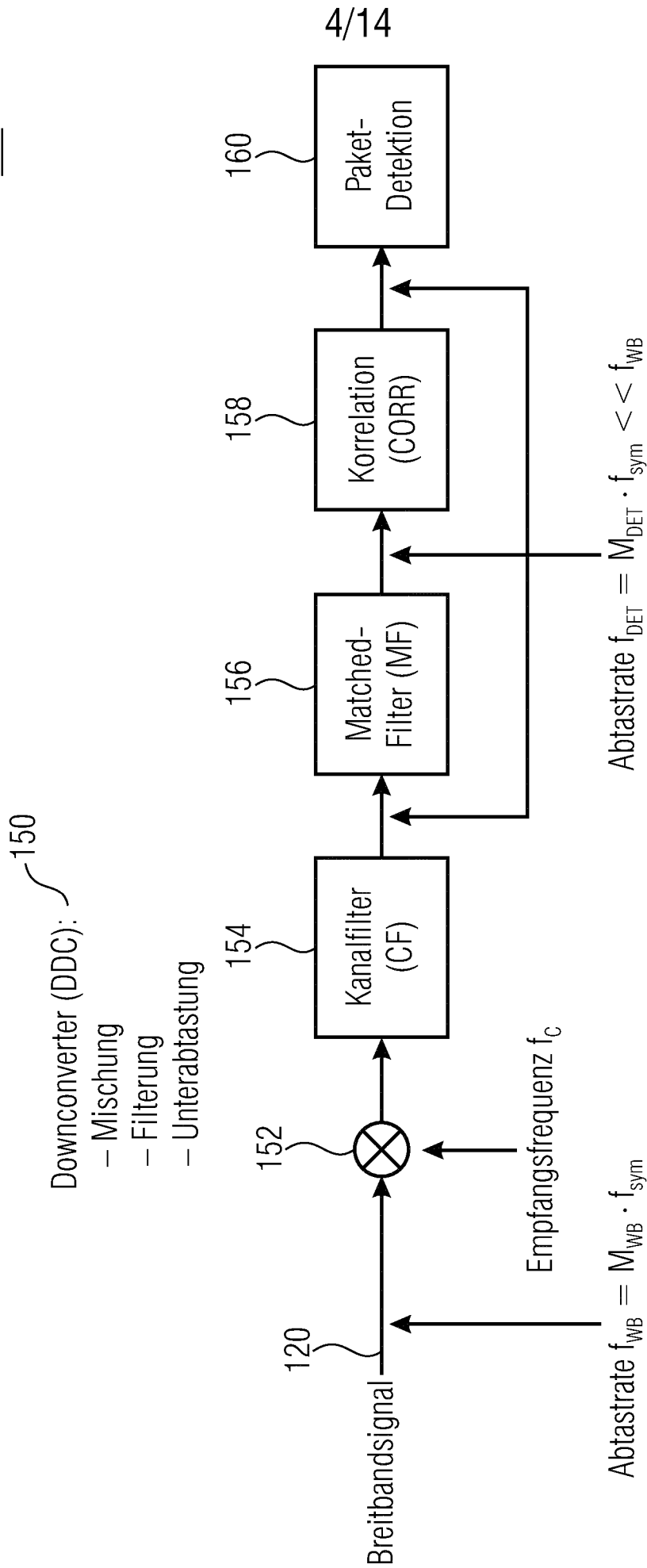


Fig. 5

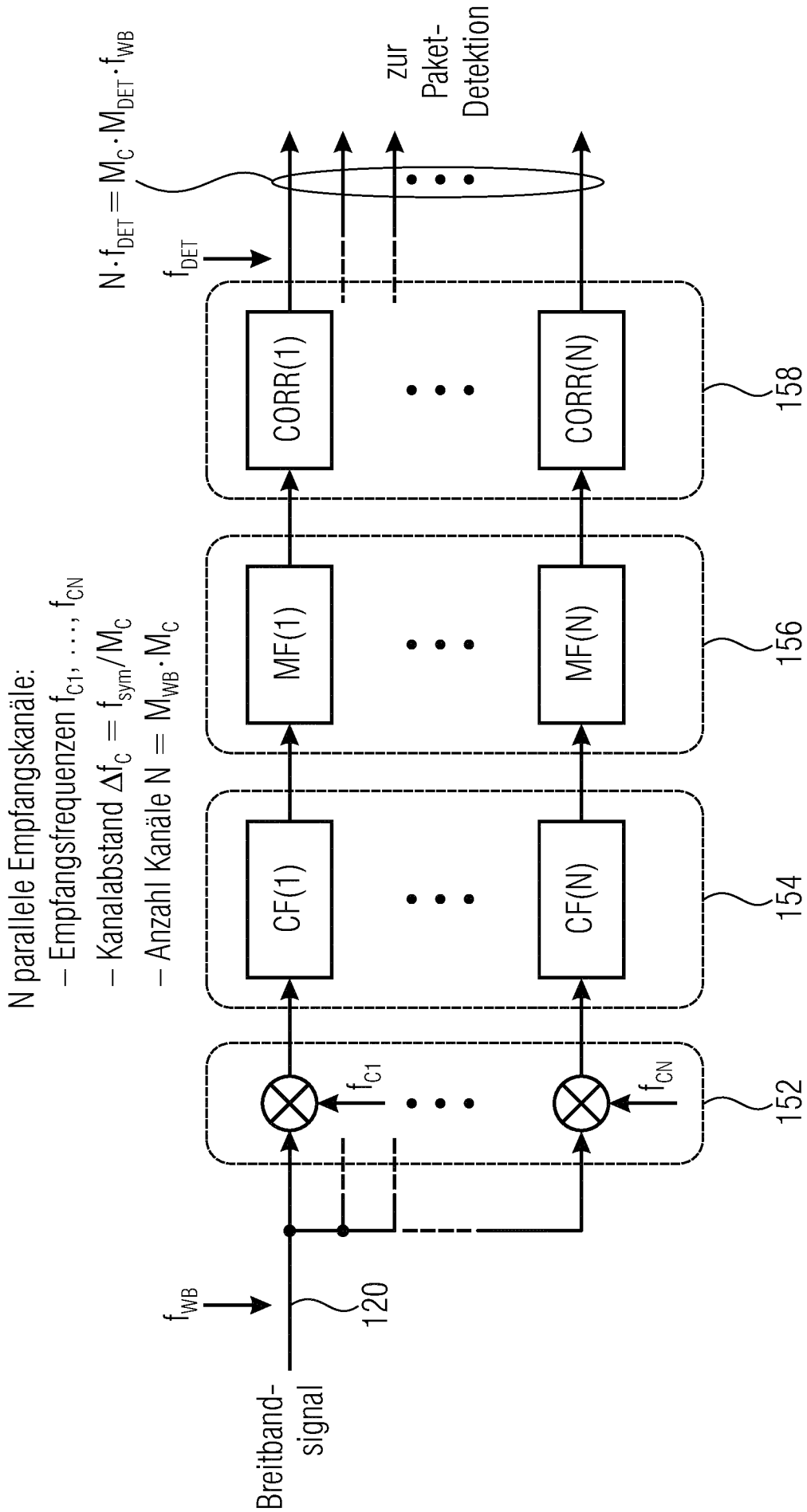


Fig. 6

122

Polyphasen-Filterbank CMFB mit Derotation:

- Anzahl Kanäle: N
- Polyphasenfaktor: P
- Anzahl Koeffizienten: $N_p = P \cdot N$
- Unterabtastung: $U_{DET} = M_{WB} / M_{DET}$

$$N \cdot f_{DET} = M_C \cdot M_{DET} \cdot f_{WB}$$

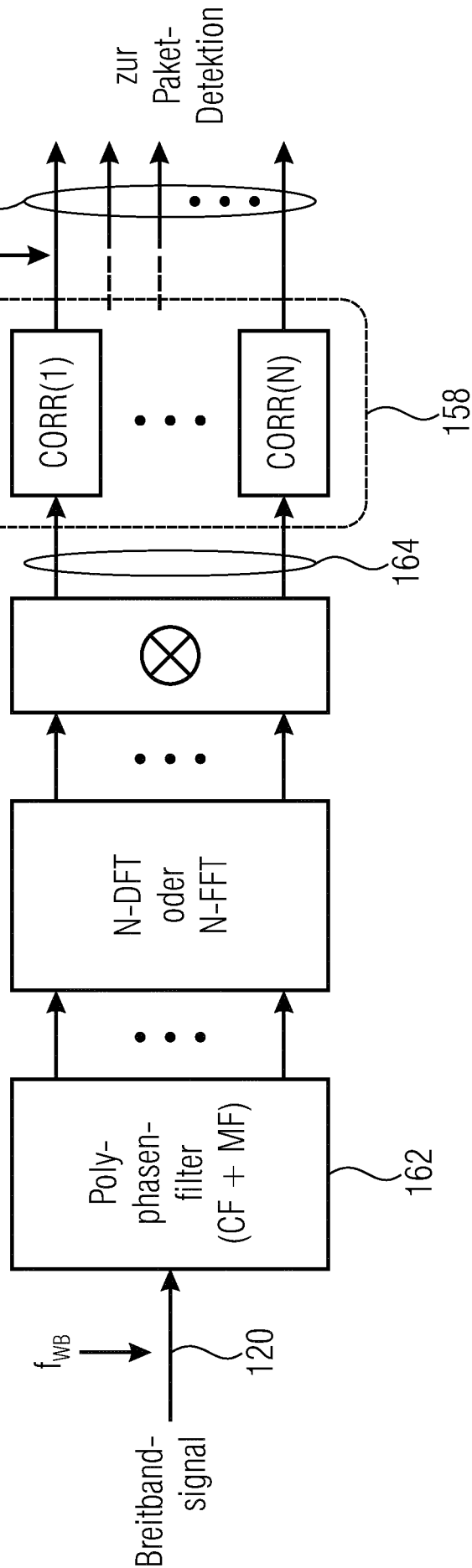


Fig. 7

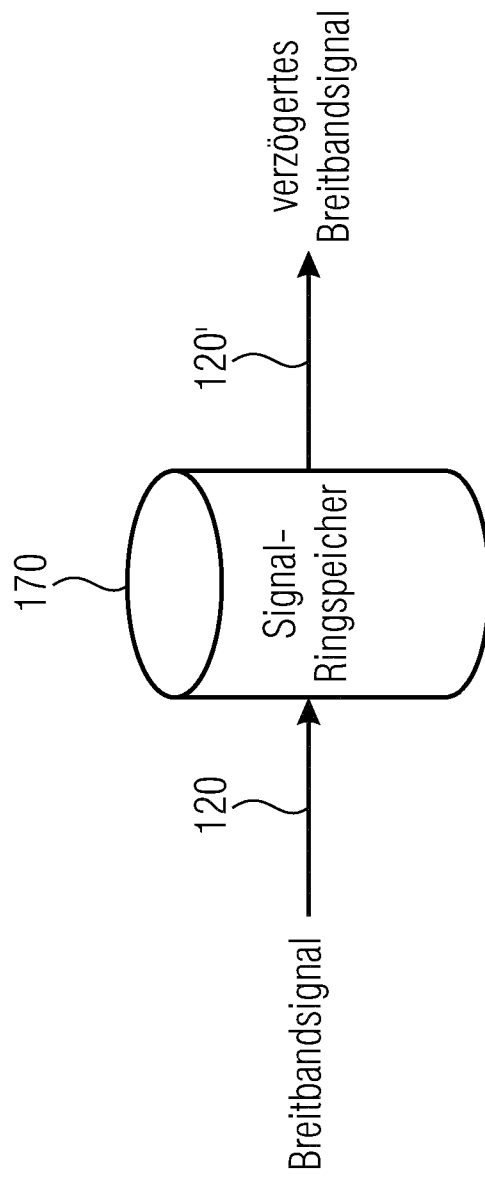


Fig. 8

Parameter eines detektierten Pakets:
 – Referenz-Zeitpunkt (grob): $t_{PKT,C}$
 – Frequenz (grob): $f_{PKT,C}$

t/f Synchronisation im Decoder:
 – Referenz-Zeitpunkt (fein): $t_{PKT,F}$
 – Frequenz (fein): $f_{PKT,F}$

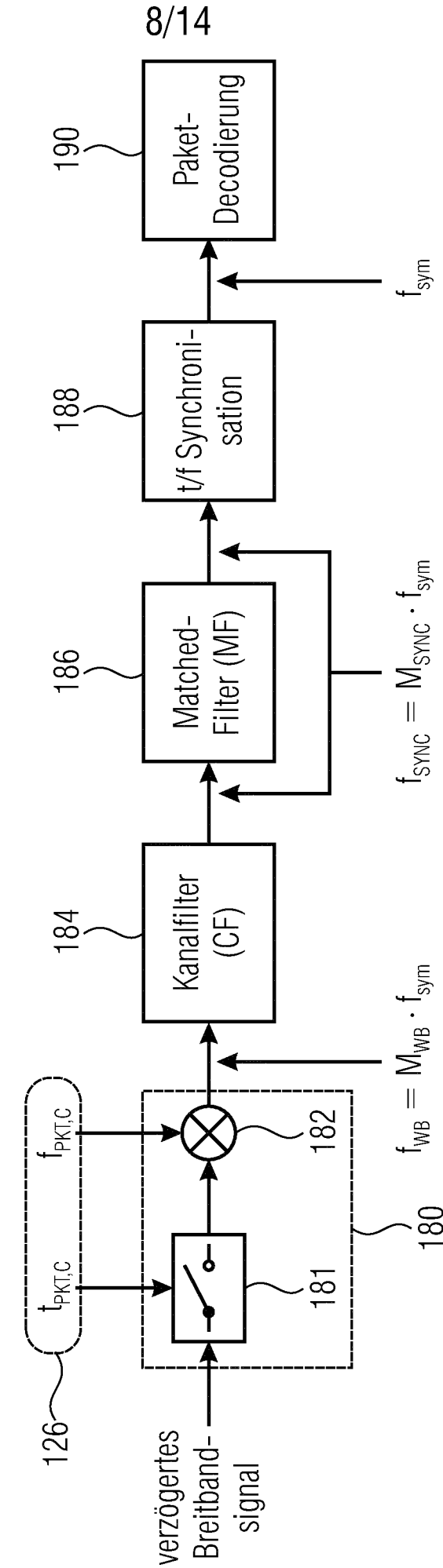


Fig. 9

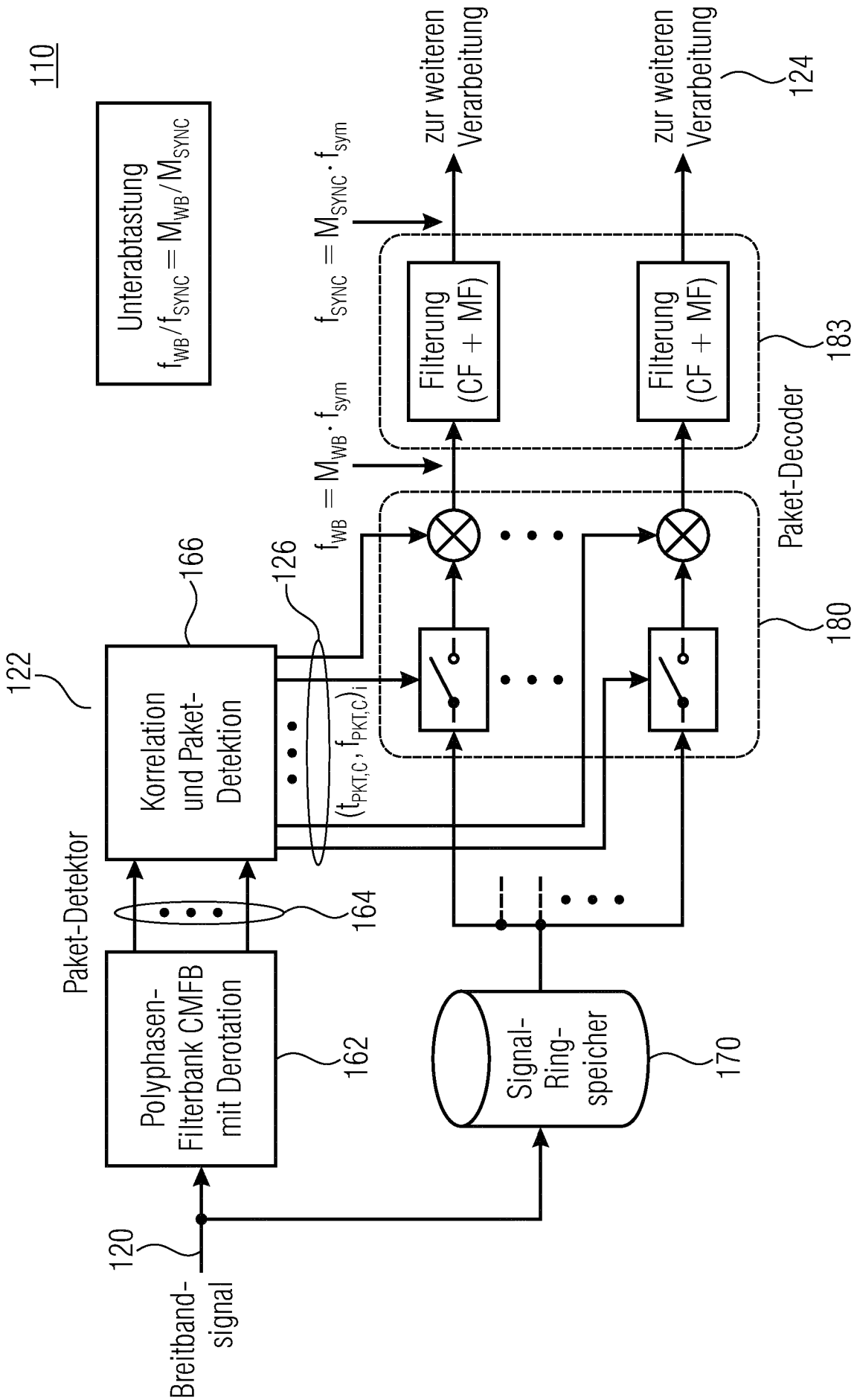


Fig. 10

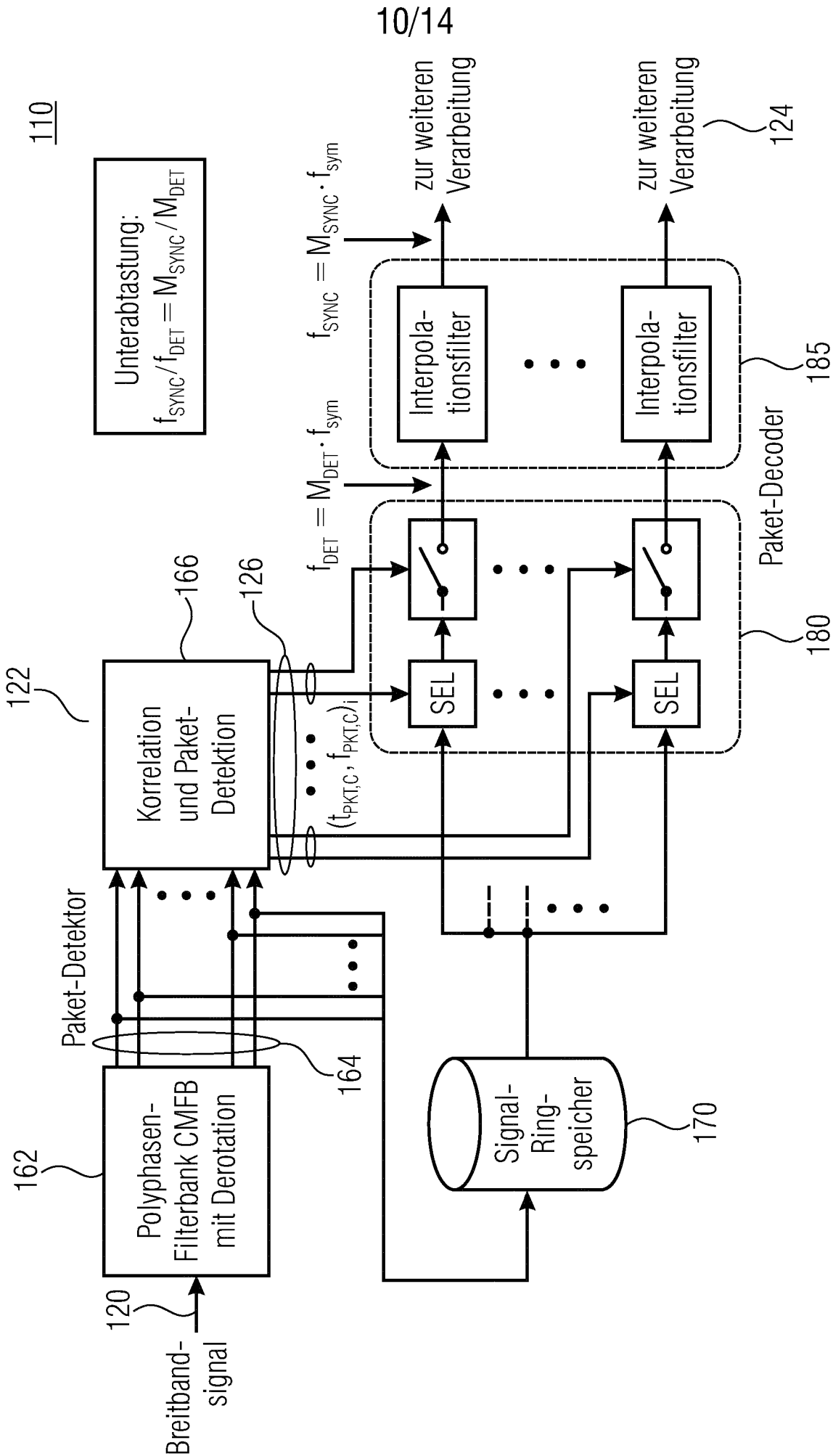


Fig. 11

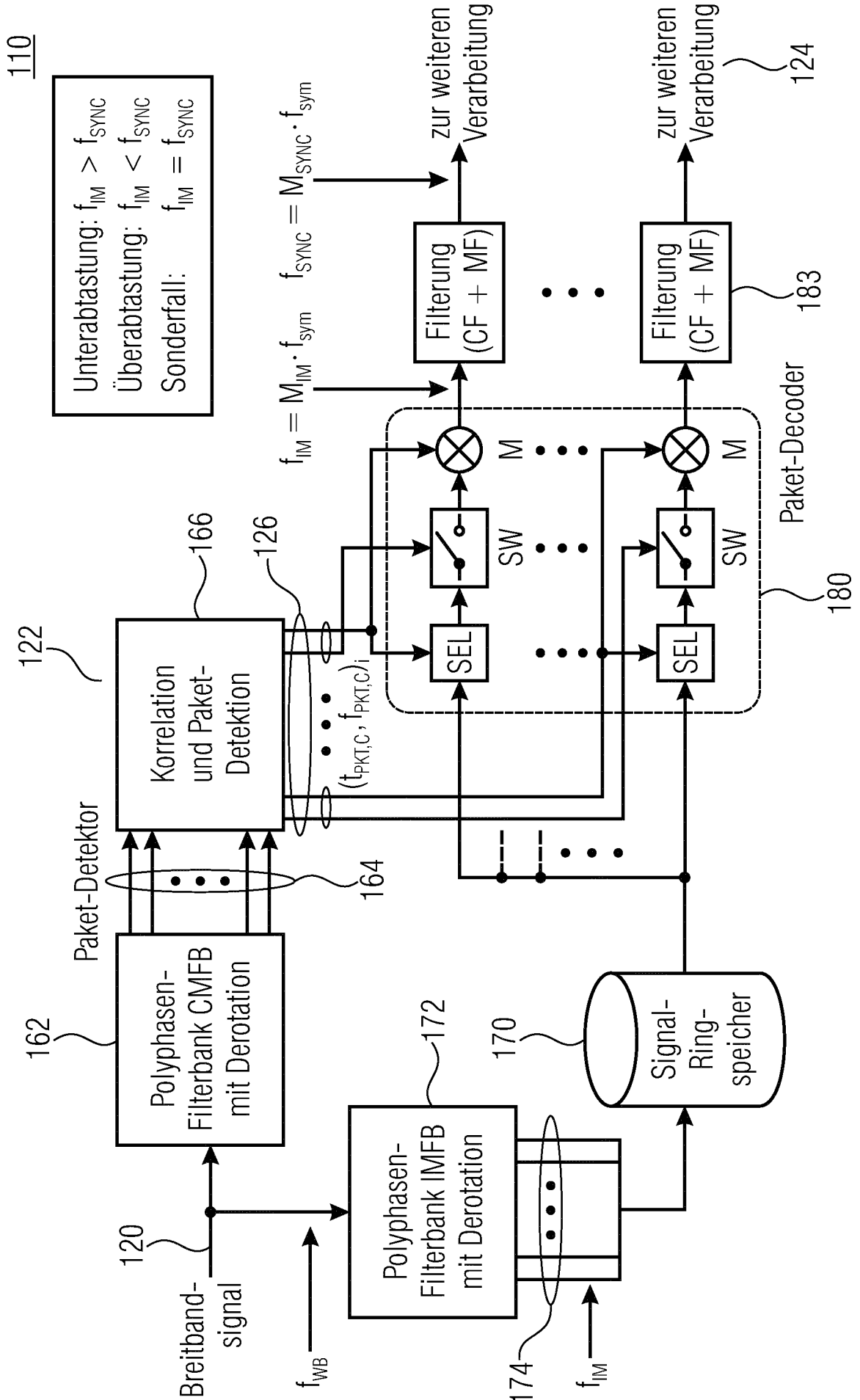


Fig. 12

Polyphasen-Filterbank IMFB:

- Anzahl Kanäle: N_{IM}
- Polyphasenfaktor: P_{IM}
- Anzahl Koeffizienten: $N_{PIM} = P_{IM} \cdot N_{IM}$
- Unterabtastung: $U_{IM} = M_{WB}/M_{IM}$

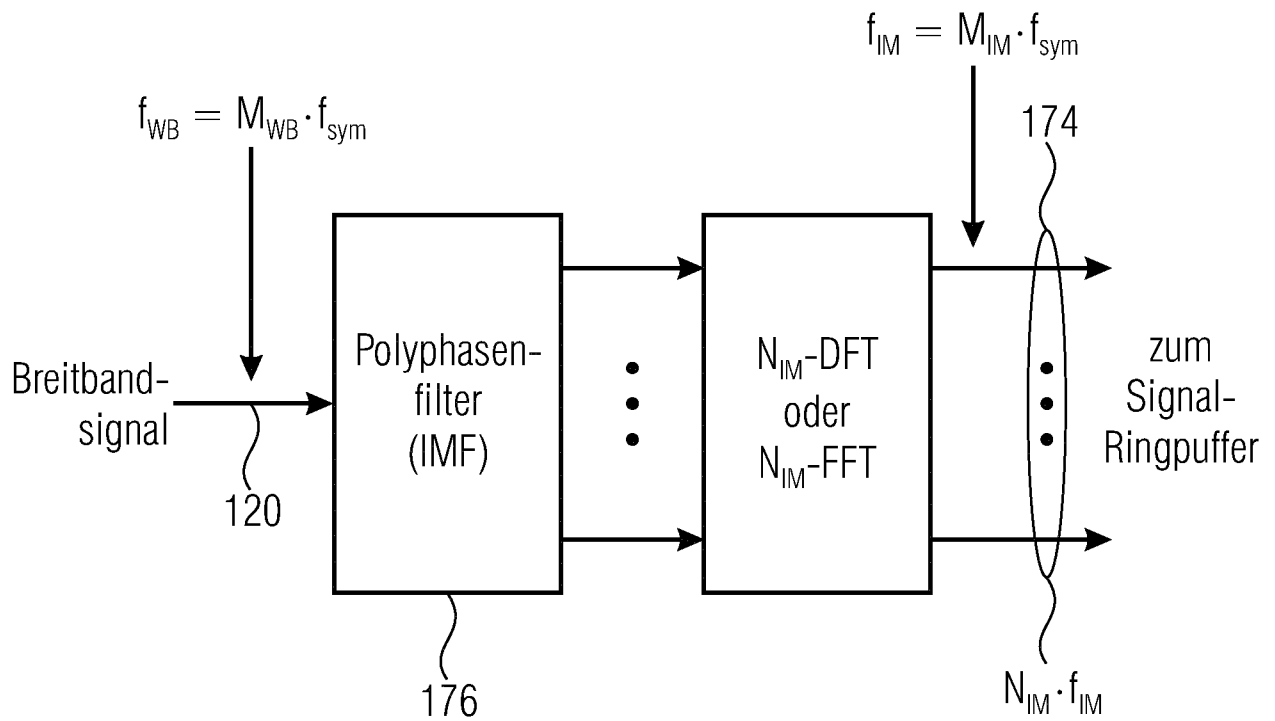


Fig. 13

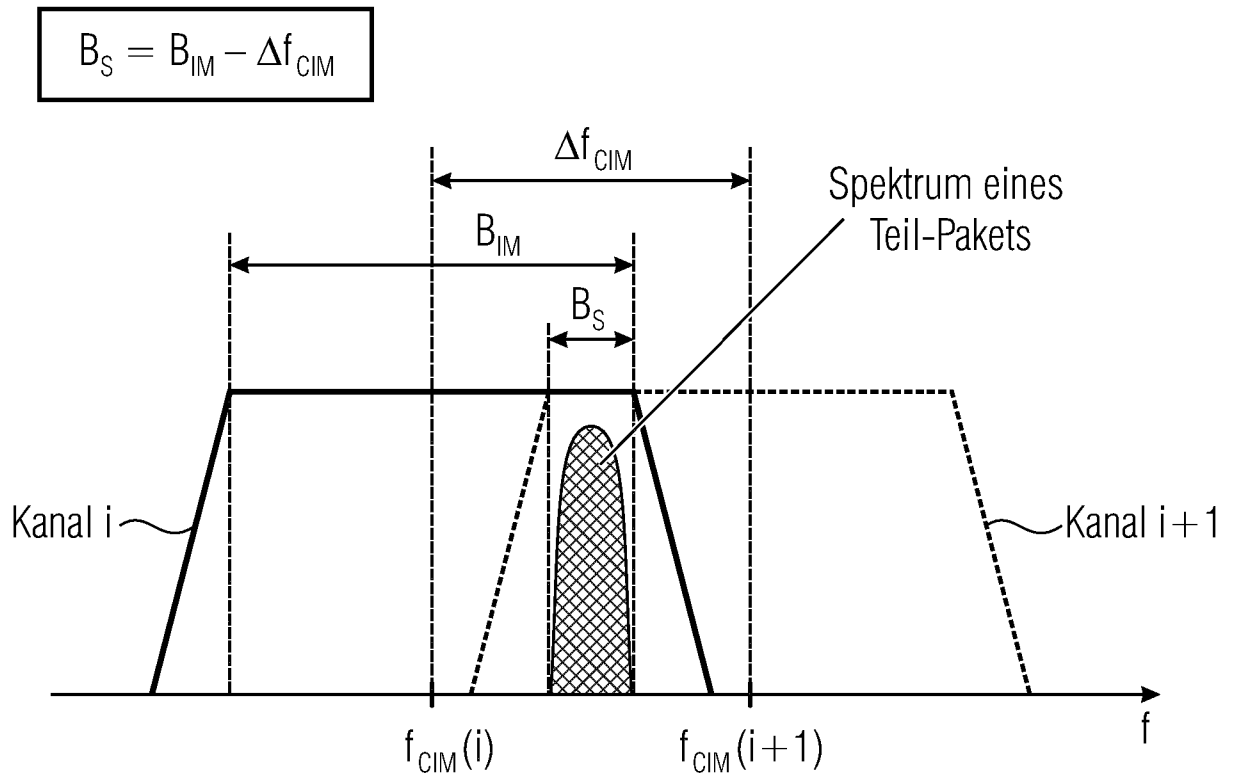


Fig. 14

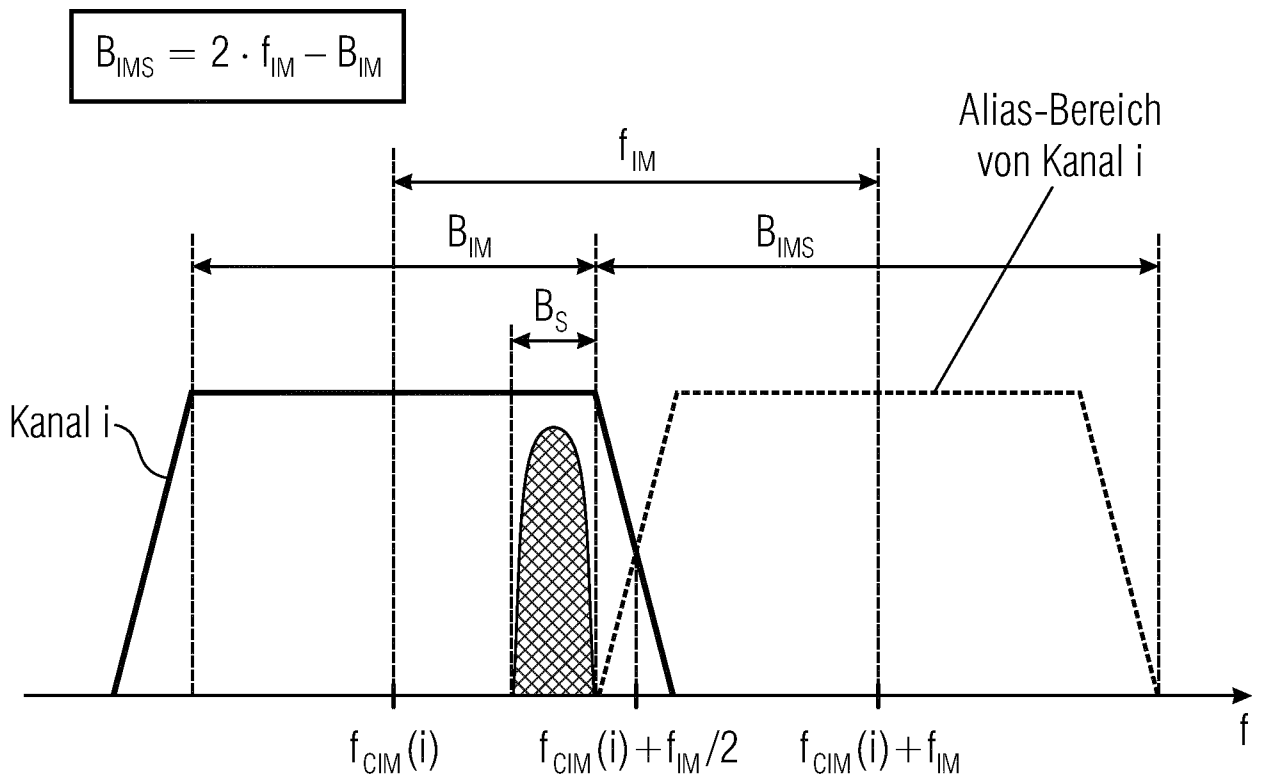


Fig. 15

14/14

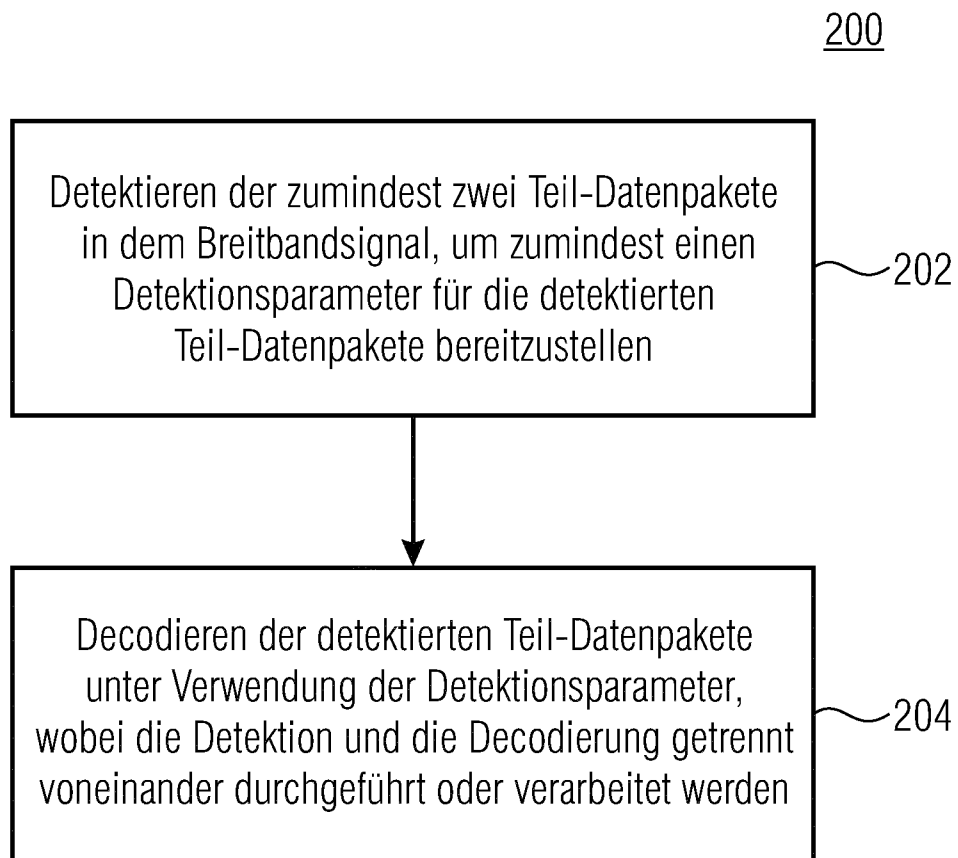


Fig. 16

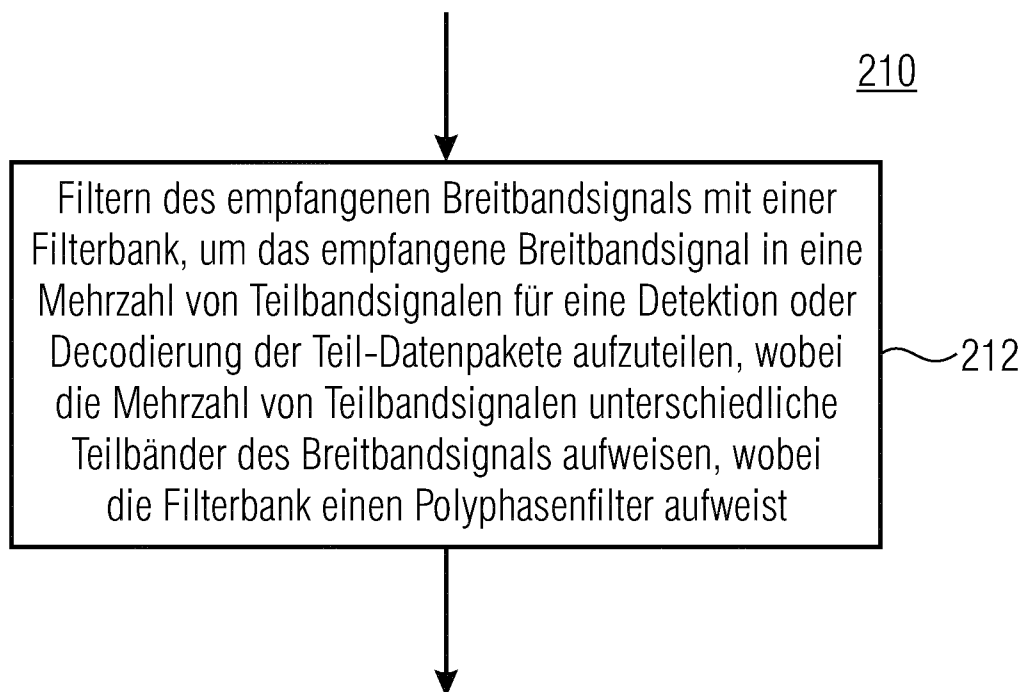


Fig. 17