



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: 10 2009 001 821.2

(22) Anmeldetag: 24.03.2009

(43) Offenlegungstag: 07.10.2010

(51) Int Cl.⁸: H04L 29/06 (2006.01)

(71) Anmelder:

IHP GmbH - Innovations for High Performance Microelectronics / Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik, 15236 Frankfurt, DE

(74) Vertreter:

Eisenführ, Speiser & Partner, 10178 Berlin

(72) Erfinder:

**Dietterle, Daniel, 15230 Frankfurt, DE;
Langendörfer, Peter, Prof. Dr., 15230 Frankfurt, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

US 2008/02 91 855 A1

DIETTERLE, D., KRAEMER, R.: A hardware accelerated implementation of the IEEE 802.15.3 MAC protocol. In: Telecommunication Systems, Vol. 40, 7. Januar 2009, S. 161-167. - ISSN 1572-9451

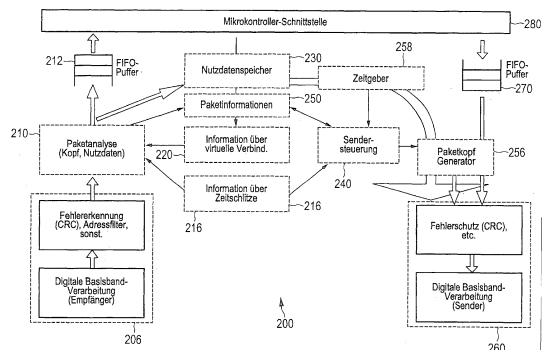
NINGYI, Xu (et al.): Protocol Accelerator Design for IEEE 802.15.3 MAC Implementation. In: The 2004 Joint Conference of the 10th Asia-Pacific Conference on Communications. 2004 and the 5th International Symposium on Multi-Dimensional Mobile Communications Proceedings, Vol. 1, 2004, S. 189-192 - ISBN 0-7803 -8601-9

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Protokollbeschleunigungsmodul mit Paketweiterleitungsfunktion und Betriebsverfahren für einen Senderempfänger zur schnellen Weiterleitung von Datenpaketen**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Protokollbeschleunigungsmodul für eine Datenübertragungsprotokollebene eines Senderempfängers, insbesondere, jedoch nicht ausschließlich, zur schnellen Weiterleitung von Datenpaketen in drahtlosen Sensornetzwerken im Zeitmultiplex-Verfahren gemäß dem IEEE 802.15.4 Standard. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Betriebsverfahren für einen Senderempfänger zur schnellen Weiterleitung von Datenpaketen, ebenfalls insbesondere, jedoch nicht ausschließlich, in drahtlosen Sensornetzwerken im Zeitmultiplex-Verfahren gemäß dem IEEE 802.15.4 Standard. Kern der Erfindung ist eine Verweistabelle, in der sowohl Verweise von Kennungen zweiter Senderempfänger auf Kennungen dritter Senderempfänger als auch Verweise von bestimmten Nachrichten auf Kennungen dritter Senderempfänger hinterlegt sind. Ein Senderempfänger kann schon während des Empfangs eines Datenpakets überprüfen, ob es sich um ein weiterzuleitendes Datenpaket handelt und entsprechende Vorkehrungen für das schnelle Versenden eines weiterzuleitenden Datenpakets treffen. Somit können Echtzeitbedingungen vieler Anwendungen erfüllt werden.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Protokollbeschleunigermodul für eine Datenübertragungsebene eines Senderempfängers, insbesondere, jedoch nicht ausschließlich, zur schnellen Weiterleitung von Datenpaketen in drahtlosen Sensornetzwerken im Zeitmultiplex-Verfahren gemäß dem IEEE 802.15.4 Standard.

[0002] Weiterhin betrifft die Erfindung ein Betriebsverfahren für einen Senderempfänger zur schnellen Weiterleitung von Datenpaketen, ebenfalls insbesondere, jedoch nicht ausschließlich, in drahtlosen Sensornetzwerken im Zeitmultiplex-Verfahren gemäß dem IEEE 802.15.4 Standard.

[0003] Der IEEE 802.15.4 Standard legt Protokolle für die erste Schicht, die Bitübertragungsschicht, und für Teile der zweiten Schicht, die Medienzugriffsschicht der Datensicherungsschicht, des ISO/OSI-(International Standardization Organisation/Open Systems Interconnection) Referenzmodells fest.

[0004] Der genannte Standard unterstützt eine drahtlose Kommunikation in einem Funknetz, bei dem Senderempfänger des Netzwerks mit Datenraten bis zu 250 Kilo-bit pro Sekunde (kbps) Datenpakete senden und empfangen. Er zielt insbesondere auf eine sehr geringe Komplexität der Netzwerkstruktur, die aufgrund geringer Systemanforderungen den teilnehmenden Senderempfängern einen über mehrere Monate und möglicherweise über mehrere Jahre andauernden Batteriebetrieb ermöglicht. Die Entfernungen zwischen den jeweiligen Senderempfängern eines Netzwerks dieses Standards betragen üblicherweise einige Meter, wie 10 m. Anwendung findet der Standard beispielsweise bei Sensornetzwerken, die in der Fertigungsautomatisierungstechnik oder bei interaktiven Spielzeugen eingesetzt werden.

[0005] Nachfolgend wird der Aufbau eines Netzwerkes gemäß dem IEEE 802.15.4 Standard näher beschrieben. Zur Umsetzung des IEEE 802.15.4 Standards (IEEE Standard 802, "Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks," 2006) ist ein besonders ausgebildeter Senderempfänger, ein sogenannter Koordinator vorgesehen, der in der Fachsprache auch als Full Function Device (FFD) bezeichnet wird. Ihm zugeordnet sind eine Reihe regulär ausgebildeter Senderempfänger, die als Reduced Function Devices (RFD) bezeichnet werden.

[0006] Die RFDs können nicht direkt miteinander kommunizieren, sondern nur über den Koordinator. Der Koordinator detektiert weiterzuleitende Datenpakete und übermittelt diese an den oder die designier-

ten Empfänger. Außerdem kann der Koordinator eine Schnittstelle zu anderen, wie auch immer gearteten, Datennetzwerken umfassen, beispielsweise zu Bluetooth- oder WLAN-Funknetzen. In diesem Zusammenhang wird er auch als „Access Point“ bezeichnet.

[0007] Zur Vermeidung von Kollisionen aufgrund mehrerer gleichzeitig versendeter Datenpaketen wird ein Zeitmultiplex-Verfahren (engl.: Time Division Multiplex Access, TDMA) angewendet, das ebenfalls vom Koordinator organisiert sein kann. Dazu sendet der Koordinator in regelmäßigen Abständen sogenannte Beacon-Datenblöcke an alle ihm zugehörigen RFDs, aus dem die RFDs entnehmen können, in welchen Zeitschlitzen sie Datenpakete senden dürfen. In einem Zeitschlitz darf jeweils nur ein Senderempfänger Datenpakete senden. Zeitschlitze werden auch an den Koordinator selbst vergeben, und zwar zum einen solche, die ein Versenden eigener Datenpakete des Koordinators erlauben und zum anderen solche, die zum Versenden weiterzuleitender Datenpakete vorgesehen sind. Letztere Zeitschlitze enthalten ebenfalls die Information, für welches Empfänger-RFD der Zeitschlitz bestimmt ist.

[0008] Ein Datenpaket umfasst bei diesem Standard einen Datenpaketkopf und einen Nutzdatenteil. Im Datenpaketkopf sind maximal zwei Adressen enthalten: der Absender und das unmittelbare Ziel. Der Nutzdatenteil ist in der Regeleinige Bytes groß. Zur Vermeidung von Datenpaketkollisionen sieht der Standard neben dem Versand von Beacon-Datenblöcke durch den Koordinator auch alternative Ansätze zur Organisation des TDMA-Verfahrens vor.

[0009] Im Protokoll ist weiter festgelegt, dass sämtliche zu übertragende Datenpakete mit einem Fehlerkennungscode versehen werden. Dafür wird ein Cyclic Redundancy Check(CRC-)Algorithmus verwendet, der über alle Bytes eine Prüfsumme ausrechnet und an das Ende des Datenpaketes stellt. Die Empfänger des Datenpaketes rechnen ihrerseits die CRC-Prüfsumme über die empfangenen Bytes aus und vergleichen das Ergebnis mit dem mitgeschickten, vom Sender ermittelten, Wert. Stimmen beide Prüfsummen überein, ist das Datenpaket mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit korrekt übertragen worden, ansonsten wird es als fehlerhaft erkannt und verworfen.

[0010] Die Informationsübertragung von einem ersten RFD (beispielsweise ein Sensor) zu einem zweiten RFD (beispielsweise ein Aktor) nimmt folglich zwei Zeitschlitze in Anspruch. In einem ersten Zeitschlitz wird ein Datenpaket von dem ersten RFD zu dem Koordinator gesendet und in einem, durchaus nicht unmittelbar folgenden, zweiten Zeitschlitz erfolgt der Versand, vom Koordinator zum zweiten RFD.

[0011] Der Koordinator muss zur Weiterleitung der Datenpakete dieselben dekodieren, zwischenspeichern und zum Senden im richtigen Zeitschlitz vorbereiten. In heutigen Anwendungen des genannten Standards wird die Ausführung eines Teils des Medienzugriffsprotokolls (neben der digitalen und analogen Signalverarbeitung) in Hardware realisiert, und zwar die Funktionalität, die das Datenpaket auf Übertragungsfehler prüft und eine Fehlerprüfsumme zu den Nutzdaten hinzufügt, eventuell eine Filterung des Datenpakets basierend auf den Adressinformationen im Datenpaketkopf vornimmt und automatisch Bestätigungen (Acknowledgement-Pakete) an den Sender schickt. Ein empfangenes Datenpaket wird in einem senderseitigen Zwischenspeicher abgelegt, auf den ein Mikrocontroller zugreifen kann. Eine Software-Routine prüft u. a., ob es sich bei dem Datenpaket um ein weiterzuleitendes Datenpaket handelt. Wird dies bejaht, so wird ein Transfer des Daten-Paketes vom empfängerseitigen Zwischenspeicher in einen senderseitigen Zwischenspeicher veranlasst. Die Datenpakete des senderseitigen Zwischenspeichers werden auf einer „First In, First Out“ (FIFO) – Basis versendet. Die Verarbeitung durch die Software ist sehr zeitaufwendig und mit einer Interrupt-Verzögerung verbunden.

[0012] In [Fig. 1](#) ist ein Blockdiagramm des populären CC2420 Single-Chip-Transceivers (Senderempfängers) der Firma TEXAS INSTRUMENTS für den IEEE 802.15.4 Standard gezeigt. Er steht beispielhaft für eine Reihe anderer Chips, wie der JN5139 der Firma JENNIC Ltd., der ML7065 der Firma OKI Semiconductor sowie der nRF2401A der Firma NORDIC Semiconductor, die die oben skizzierte Hardware-Unterstützung zur Umsetzung des Medienzugriffsprotokolls anbieten.

[0013] Wohingegen die Signallaufzeit bei den kurzen Distanzen zwischen den RFDs und die Datenübertragungsdauer bei Datenpaketgrößen von einigen Bytes lediglich einen sehr kurzen Zeitraum in Anspruch nehmen, sind die oben aufgeführten Verarbeitungsschritte des Koordinators zur Weiterleitung von Datenpaketen, insbesondere die Schritte, die durch eine Software umgesetzt werden, vergleichsweise zeitaufwendig und stehen einer Echtzeitverbindung zwischen zwei oder mehreren RFDs entgegen. Mitunter ist von Übertragungsverzögerungen von vielen Millisekunden auszugehen. Für viele Anwendungen ist diese lange Übertragungsverzögerung nicht akzeptabel, da erwünscht sein kann, dass auf gewisse gesendete Datenpakete eine schnelle Reaktion erfolgt. Man stelle sich beispielsweise einen Lichtschrankensensor (erstes RFD) und eine Schrittmotorsteuerung (zweites RFD) vor, bei denen die Motorsteuerung auf Signale des Lichtschrankensensors hin eine Bewegung auslösen muss. Der Begriff der Echtzeitverbindung bedeutet im Rahmen dieser Anmeldung, dass ein System innerhalb einer definierten

Zeitspanne auf einen Stimulus eine Reaktion liefert. Diese Zeitspanne kann, abhängig vom System, durchaus einige Minuten betragen. Für Systeme, wie sie oben genannt wurden, nämlich beispielsweise aus dem Gebiet der Fertigungsautomatisierungstechnik oder des interaktiven Spielzeuges beträgt die Zeitspanne in etwa einige Millisekunden.

[0014] Der Einsatz leistungsfähigerer Prozessoren zur Verkürzung der Interrupt-Verzögerung durch die Software ist aufgrund der damit verbundenen höheren Leistungsaufnahme des Koordinators kein geeigneter Lösungsansatz.

[0015] Aus der Patentschrift DE 10 2007 003 634 B3 der vorliegenden Anmelderin ist ein Protokollbeschleunigermodul für eine Datensicherungsschicht eines Senderempfängers bekannt, der unter anderem dazu ausgebildet ist, empfangene Datenpakete auf erfolgreichen Empfang hin zu überprüfen und eine Speicheroperation für dieselben zu veranlassen, sowie eine Warteschlange eigener zu sendender Datenpakete zu verwalten und Datenpakete der Warteschlange zum Versenden innerhalb eines zugewiesenen Sendezeitschlitzes auszuwählen und einer Sendeeinheit zu übergeben.

[0016] Eine schnelle Weiterleitung von Datenzellen ist aus einem Asynchroner Transfer Mode (ATM) Datenübertragungsprotokoll bekannt. Bei dieser Technik realisiert eine sogenannte ATM-Switch die Weiterleitungsfunktion. Bei ATM-Switches wird jede ankommende ATM-Datenzelle von ihrem Eingangsport auf einen vorher festgelegten Ausgangsport geleitet. Dabei ist ausgangsseitig weder auf einen passenden Zeitschlitz noch auf den Absender der ATM-Datenzellen zu achten, da die Weiterleitung über sogenannte Kanal-Identifizierer, die Teil einer ATM-Datenzelle sind, geschieht und die Zuordnung von Kanal-Identifizierer zu Ausgangsports bei einem Verbindungsaufbau konfiguriert werden.

[0017] Der Nachteil der bekannten Protokollbeschleuniger ist, dass sie keine Funktion zur Beschleunigung einer Weiterleitung von Datenpaketen anbieten. Die genannten Protokollbeschleuniger sind somit für Senderempfänger, die eine Koordinatorrolle übernehmen, nur bedingt geeignet.

[0018] Deshalb ist ein der Erfindung zugrunde liegendes technisches Problem, ein Protokollbeschleunigermodul oder ein Betriebsverfahren für einen Senderempfänger vorzuschlagen, das eine schnelle Weiterleitung von Datenpaketen zweiter Senderempfänger an dritte Senderempfänger gestattet.

[0019] Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung wird das technische Problem durch ein Protokollbeschleunigermodul, nachfolgend als Beschleunigermodul bezeichnet, gemäß dem Anspruch 1 gelöst.

Das erfindungsgemäße Beschleunigermodul ist ausgebildet, bei Empfang des Datenpaketes des zweiten Senderempfängers während eines ersten Zeitschlitzes eine Verweistabelle abzufragen, die Verweistabelle umfassend mindestens einen Verweis aus der Gruppe folgender Verweistypen:

- a) Verweis eines bestimmten Empfangszeitpunktes auf eine Kennung mindestens eines dritten Senderempfängers, wobei ein während des bestimmten Empfangszeitpunktes vom Senderempfänger empfangenes Datenpaket an den dritten Senderempfänger weiterzuleiten ist;
- b) Verweis einer Kennung eines bestimmten zweiten Senderempfängers als Sender auf eine Kennung mindestens eines dritten Senderempfängers als vorbestimmter Empfänger des Datenpaketes, nachfolgend als virtuelle Verbindung bezeichnet; oder
- c) Verweis einer im Datenpaket enthaltenen vorbestimmten Nachricht auf eine Kennung mindestens eines dritten Senderempfängers als vorbestimmter Empfänger des Datenpaketes;

[0020] Schließlich ist das Beschleunigermodul ausgebildet, bei Vorhandensein eines dem Datenpaket entsprechenden Verweises eine Kennung eines dritten Senderempfängers als Empfänger des Datenpaketes in der Verweistabelle zu detektieren und während eines auf den ersten Zeitschlitz unmittelbar folgenden zweiten Zeitschlitzes ein Versenden des Datenpaketes an den dritten Senderempfänger zu veranlassen, falls der zweite Zeitschlitz dem Senderempfänger zugewiesen ist.

[0021] Zweite Senderempfänger bezeichnen im Rahmen dieser Anmeldung die Teilnehmer eines Sensornetzwerkes, die Datenpakete an dritte Senderempfänger übermitteln möchten. Dritte Senderempfänger bezeichnen im Rahmen dieser Anmeldung die Teilnehmer eines Sensornetzwerkes, die Datenpakete von zweiten Senderempfängern empfangen. Da in einem Bauelement sowohl Sender als auch Empfänger integriert sein kann, wird gemeinhin von Senderempfänger und nicht etwa von „Sendern“ und „Empfängern“ gesprochen.

[0022] Der Erfindung liegt die Überlegung zugrunde, dass sich der Nachteil bekannter Beschleunigermodule insbesondere daraus ergibt, dass alle empfangenen Datenpakete kategorisch zunächst in einen empfängerseitigen Speicher des Senderempfängers geschrieben werden, auf den zu einem späteren Zeitpunkt ein Mikrocontroller oder eine ähnliche digitale Verarbeitungseinheit zugreift und durch eine Software-Routine feststellt, ob das Datenpaket weiterzuleiten ist oder nicht. Die bekannten Beschleunigermodule sind also nicht ausgebildet, zwischen weiterzuleitenden und nicht weiterzuleitenden Datenpaketen zu differenzieren.

[0023] Der Vorteil des erfindungsgemäßen Beschleunigermoduls hingegen ist es, dass es durch die Abfrage der Verweistabelle bereits bei dem Empfang des Datenpaketes während des ersten Zeitschlitzes eine Weiterleitungsentscheidung trifft. Damit ist es prinzipiell möglich, das Datenpaket schon im unmittelbar nächsten Zeitschlitz wieder auszusenden.

[0024] Die Kriterien, wonach das Beschleunigermodul ein Datenpaket zur Weiterleitung auswählt und welcher der eigentliche Empfänger des Datenpaketes sein soll, können anhand der Verweistypen konfiguriert werden. Eine Option besteht darin, alle Datenpakete, die innerhalb eines bestimmten Empfangszeitpunktes empfangen wurden, immer an einen bestimmten dritten Senderempfänger zu senden (Verweistyp a). In diesem Fall braucht der Inhalt des Datenpaketes nicht analysiert zu werden, da die Kenntnis des Empfangszeitpunktes ausreichend ist. Wenn der Empfangszeitpunkt unberücksichtigt bleiben soll, kann das Beschleunigermodul anhand der Absenderadresse (Verweistyp b), die üblicherweise in einem Datenpaketkopf des Datenpaketes hinterlegt ist oder einer vorbestimmten Nachricht im Nutzdatenteil des Datenpaketes (Verweistyp c) die Weiterleitungsentscheidung treffen. Letztere Option hat den Vorteil, dass die Weiterleitung von Datenpaketen auch abhängig vom Inhalt der Nutzdaten realisiert werden kann. Eine vorbestimmte Nachricht kann eine Information eines zweiten Senderempfängers enthalten, die eine Vielzahl weiterer dritter Senderempfänger betrifft, wie beispielsweise

- der Erhalt eines speziellen Signals oder Wertes (z. B. „Not-Aus“, „Lichtschranke unterbrochen“, „Motorstillstand“);
- der Erhalt eines Wertes oberhalb oder unterhalb eines Schwellwertes bzw. innerhalb eines bestimmten Intervalls; oder
- die komplexe Verknüpfung eines oder mehrerer erhaltener Werte (Messwertvektor) desselben oder weiterer Sensoren.

[0025] Die Verwaltung der Verweistabelle, mit anderen Worten die Konfiguration der Weiterleitungsbedingungen, kann beispielsweise von einem Prozessor des Senderempfängers aus erfolgen.

[0026] In einer Ausführungsform des TDMA-basierten Datenübertragungsprotokolls beträgt die Dauer eines Zeitschlitzes in etwa 960 µs. Das bedeutet, dass eine Echtzeitanforderung von wenigen Millisekunden, die von einer Verbindung zwischen dem zweiten Senderempfänger und dem dritten Senderempfängergestellt werden kann, mit dieser Lösung erfüllt werden kann. Somit eignet sich das erfindungsgemäße Beschleunigermodul insbesondere für einen Senderempfänger, der die Funktion eines Koordinators in einem Funknetzwerk bereitstellt.

[0027] Nachfolgend werden Ausführungsformen

des erfindungsgemäßen Beschleunigermoduls beschrieben. Die zusätzlichen Merkmale der Ausführungsformen können zur Bildung neuer Ausführungsarten miteinander kombiniert werden, sofern sie nicht als Alternativen zueinander beschrieben sind.

[0028] Zweckmäßig ist das erfindungsgemäße Beschleunigermodul in einer Ausführungsform ausgebildet, bei Empfang des Datenpaketes des zweiten Senderempfängers während des ersten Zeitschlitzes eine im empfangenen Datenpaket enthaltene Empfängererkennung mindestens eines dritten Senderempfängers zu detektieren und während des zweiten Zeitschlitzes ein Versenden des Datenpaketes an den dritten Senderempfänger zu veranlassen, falls für das Datenpaket kein entsprechender Verweis in der Verweistabelle vorhanden ist und der zweite Zeitschlitz dem Senderempfänger zugewiesen ist.

[0029] Dies hat den Vorteil, dass auch Datenpakete, für die kein Verweis in der Verweistabelle hinterlegt ist, schnell weitergeleitet werden können. Die Weiterleitungsentscheidung wird in dieser Ausführungsform auf der Basis der im Nutzdatenteil des Datenpaketes enthaltenden Empfängererkennung getroffen.

[0030] In einer Ausführungsform ist das Beschleunigermodul in Hardware implementiert und umfasst eine empfängerseitige Datenpaketanalysevorrichtung, die ausgebildet ist, Nutzdaten des empfangenen Datenpaketes in einen Nutzdatenspeicher des Beschleunigermoduls zu schreiben und die detektierte Kennung des dritten Senderempfängers als Empfänger des Datenpaketes und eine Speicheradresse der gespeicherten Nutzdaten in einen Informationsspeicher zu schreiben.

[0031] Außerdem umfasst das Beschleunigermodul in dieser Ausführungsform eine senderseitige Steuereinheit, die ausgebildet ist, Zeitschlitzinformation über einen dem Senderempfänger zugewiesenen Zeitschlitz zu empfangen und eine in der Zeitschlitzinformation enthaltene Empfängererkennung eines dritten Senderempfängers zu erfassen und mit detektierten Empfängererkennungen des Informationsspeichers zu vergleichen.

[0032] Weiter ist die Steuereinheit ausgebildet, bei Übereinstimmung der in der Zeitschlitzinformation enthaltenen Empfängererkennung mit einer Empfängererkennung des Informationsspeichers der übereinstimmenden Empfängererkennung zugehörigen Nutzdaten des Nutzdatenspeichers anhand einer der übereinstimmenden Empfängererkennung zugeordneten Speicheradresse aufzurufen und eine Erzeugung eines den aufgerufenen Nutzdaten zuzuführenden Datenpaketkopfes zu veranlassen.

[0033] Schließlich ist die Steuereinheit ausgebildet, die aufgerufenen Nutzdaten und den erzeugten Da-

tenpaketkopf einer Sendeeinheit des Senderempfängers als weiterzuleitendes Datenpaket zum Versenden im zugewiesenen Zeitschlitz bereitzustellen.

[0034] Für bestimmte Datenpakete kann es für das Beschleunigermodul zum Treffen einer Weiterleitungsentscheidung ausreichend sein, nur in Kenntnis des Empfangszeitpunktes (Verweistyp a) zu sein oder die Senderkennung des zweiten Senderempfängers aus dem Datenpaketkopf des eingehenden Datenpaketes zu ermitteln (Verweistyp b). In diesen Fällen ist eine Analyse der Nutzdaten des eingehenden Datenpaketes nicht notwendig. Sollen Datenpakete zweiter Senderempfänger bzw. Datenpakete, die in einem bestimmten Empfangszeit-slot empfangen werden nicht automatisch an vorbestimmte dritte Senderempfänger weitergeleitet werden, so ermittelt die Datenpaketanalysevorrichtung entweder die Empfängererkennungen dritter Senderempfänger oder vorbestimmte Nachrichten aus den Nutzdaten des eingehenden Datenpaketes. Die Datenpaketanalysevorrichtung überträgt die Nutzdaten in den Nutzdatenspeicher und legt die Speicheradresse der Nutzdaten sowie die aus der Verweistabelle oder aus den Nutzdaten des Datenpaketes detektierten Kennungen dritter Senderempfänger im Informationsspeicher ab.

[0035] Die senderseitige Steuereinheit empfängt Zeitschlitzinformationen, die informieren, ob für den Senderempfänger ein Sendezeitschlitz zur Verfügung steht und für welchen dritten Senderempfänger dieser vorgesehen ist. Die Steuereinheit prüft, ob die Kennung dieses im Sendezeitschlitz vorgesehenen dritten Senderempfängers ebenfalls im Informationsspeicher hinterlegt ist. Ist dies der Fall, veranlasst die Steuereinheit eine Erzeugung eines Datenpaketkopfes mit der entsprechenden Kennung und stellt diesen sowie die anhand der Speicheradresse aufgerufenen Nutzdaten zum Versenden an den dritten Senderempfänger bereit. Die Erzeugung des Datenpaketkopfes beinhaltet, dass Adressfelder so gesetzt werden, dass das weiterzuleitende Datenpaket jetzt an den ermittelten dritten Senderempfänger als Empfänger gerichtet ist.

[0036] In der letzt genannten Ausführungsform umfasst der erfindungsgemäße Senderempfänger vorteilhafterweise eine empfängerseitige Entschlüsselungsvorrichtung die ausgebildet ist, während des ersten Zeitschlitzes ein von einem zweiten Senderempfänger her eingehendes verschlüsseltes Datenpaket zu entschlüsseln und eine senderseitige Verschlüsselungsvorrichtung, die ausgebildet ist, während des nächsten, dem Senderempfänger zugewiesenen Zeitschlitzes ein zu versendendes Datenpaket zu verschlüsseln, so dass das Beschleunigermodul auch in solchen Funknetzwerken eingesetzt werden kann, in denen der Datenpakettransfer verschlüsselt erfolgt.

[0037] In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Beschleunigermoduls ist einem jeweiligen Verweistyp eine Priorität einer jeweiligen Höhe zugeordnet und das Beschleunigermodul ausgebildet, bei einem gleichzeitigen Vorhandensein einer Vielzahl für das empfangene Datenpaket zutreffender Verweise verschiedener Verweistypen ein Versenden des Datenpaketes entsprechend des Verweistyps höchster Priorität an den dritten Senderempfänger zu veranlassen.

[0038] Die Zuordnung von Prioritäten erleichtert die Organisation der Weiterleitung von Datenpaketen. Bei einem gleichzeitigen Vorhandensein einer Vielzahl für ein empfangenes Datenpaket zutreffender Verweise kann anhand der Prioritätshöhe ein Verweistyp ausgewählt werden und wiederum anhand von diesem die Kennung des dritten Senderempfängers als Empfänger des Datenpaketes in der Verweistabelle detektiert werden. Es ist aber auch denkbar, dass das Beschleunigermodul eine Weiterleitung des Datenpaketes entsprechend allen zutreffenden Verweisen veranlasst.

[0039] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist das erfindungsgemäße Beschleunigermodul ausgebildet, bestimmten virtuellen Verbindungen der Verweistabelle eine jeweilige maximale Verweildauer zuzuordnen und empfangene Datenpakete, welche entsprechend einer bestimmten virtuellen Verbindung weiterzuleiten sind, in Abhängigkeit einer jeweiligen verbleibenden Verweilzeit priorisiert zu versenden.

[0040] Natürlich können virtuelle Verbindungen von mehreren zweiten Senderempfängern als Sender zu einem einzigen dritten Senderempfänger als Empfänger aufgebaut werden und in der Verweistabelle hinterlegt sein. Dabei kann es zu einem Datenpaketstau kommen, wenn die Kanalkapazität während eines Sendezeitschlitzes nicht ausreicht. Eine Möglichkeit, das Versenden einer Vielzahl für einen einzigen dritten Senderempfänger bestimmter Datenpakete zu organisieren, ist die Zuordnung von Verweildauern für bestimmte virtuelle Verbindungen. Dabei werden jene Datenpakete zuerst versendet, deren verbleibende Verweilzeit am geringsten ist. Datenpakete, die nicht innerhalb ihrer jeweiligen Verweilzeit versendet werden konnten, können beispielsweise verworfen werden.

[0041] Insbesondere eignet sich das Beschleunigermodul zur Ausführung von Aufgaben eines Datenübertragungsprotokolls nach dem Standard IEEE 802.15.4.

[0042] Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung wird ein Senderempfänger mit einem Beschleunigermodul gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung oder einem seiner hierin genannten Ausführungsformen

vorgeschlagen. Der Senderempfänger des zweiten Aspekts der Erfindung teilt die Vorteile des Beschleunigermoduls des ersten Aspekts der Erfindung.

[0043] Bevorzugt ist der erfindungsgemäße Senderempfänger ausgebildet, ein für den Senderempfänger bestimmtes Datenpaket in einen empfängerseitigen Zwischenspeicher des Senderempfängers zu schreiben; eine Warteschlange zu sendender Datenpakete eines senderseitigen Zwischenspeichers des Senderempfängers zu verwalten und während eines dem Senderempfänger zugewiesenen Zeitschlitzes Datenpakete der Warteschlange auszuwählen und ein Versenden derselben an einen oder mehrere dritte Senderempfänger zu veranlassen.

[0044] Dies hat den Vorteil, dass der Senderempfänger nicht nur ausschließlich eine Funktion zur Weiterleitung von Datenpaketen bereitstellt, sondern selbst, beispielsweise als Sensor oder Aktor, in einem Funknetzwerk partizipieren kann.

[0045] Gemäß einem dritten Aspekt der Erfindung wird ein Sensorknoten mit einem Sensor und einem mit diesem verbundenen Senderempfänger gemäß dem zweiten Aspekt der Erfindung oder einem seiner hierin genannten Ausführungsformen vorgeschlagen. Der Sensorknoten des dritten Aspekts der Erfindung teilt die Vorteile des Senderempfängers des zweiten Aspekts der Erfindung.

[0046] Hinsichtlich ihres Verfahrensaspekts bildet die Erfindung ein Betriebsverfahren für einen Senderempfänger; das Betriebsverfahren umfassend Weiterleiten eines Datenpaketes eines zweiten Senderempfängers an einen oder mehrere dritte Senderempfänger entsprechend einem TDMA-basierten Datenübertragungsprotokoll, wobei das Weiterleiten die folgenden Schritte umfasst:

- Empfangen des Datenpaketes des zweiten Senderempfängers während eines ersten Zeitschlitzes;
- Abfragen einer Verweistabelle, die Verweistabelle umfassend mindestens einen Verweis aus der Gruppe folgender Verweistypen:
 - a) Verweis eines bestimmten Empfangszeitschlitzes auf eine Kennung mindestens eines dritten Senderempfängers, wobei ein während des bestimmten Empfangszeitschlitzes vom Senderempfänger empfangenes Datenpaket an den dritten Senderempfänger weiterzuleiten ist;
 - b) Verweis einer Kennung eines bestimmten zweiten Senderempfängers als Sender auf eine Kennung mindestens eines dritten Senderempfängers als vorbestimmter Empfänger des Datenpaketes, nachfolgend als virtuelle Verbindung bezeichnet; oder
 - c) Verweis einer im Datenpaket enthaltenen vorbestimmten Nachricht auf eine Kennung mindestens eines dritten Senderempfängers als vorbe-

stimmter Empfänger des Datenpaketes;

- Detektieren einer Kennung eines dritten Senderempfängers als Empfänger des Datenpaketes in der Verweistabelle, falls für das Datenpaket ein entsprechender Verweis vorhanden ist oder Detektieren einer Kennung eines dritten Senderempfängers in Nutzdaten des empfangenen Datenpaketes, falls für das Datenpaket kein entsprechender Verweis vorhanden ist; und
- Versenden des Datenpaketes an den dritten Senderempfänger während eines auf den ersten Zeitschlitz unmittelbar folgenden zweiten Zeitschlitzes, falls der zweite Zeitschlitz dem Senderempfänger zugewiesen ist.

[0047] Insbesondere eignet sich das Betriebsverfahren zur Ausführung von Aufgaben einer Datensicherungs-Protokollebene gemäß dem IEEE 802.15.4 in einem Senderempfänger.

[0048] Das erfindungsgemäße Betriebsverfahren teilt die Vorteile des Beschleunigermoduls des ersten Aspekts der Erfindung und seiner hierin genannten Ausführungsformen.

[0049] Weitere Vorteile der Erfindung werden bei der folgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der Figuren erläutert. Es zeigen in schematischer Darstellung

[0050] [Fig. 1](#) ein Blockdiagramm eines Ein-Chip-Senderempfängers gemäß dem Stand der Technik und

[0051] [Fig. 2](#) ein Blockdiagramm eines Senderempfängers mit einem erfindungsgemäßen Protokollbeschleunigermodul.

[0052] Das erfindungsgemäße Beschleunigermodul ist zwischen einem Empfangs- und einem Sendepfad eines Senderempfängers **200** eingebettet. Eingangsseitig weist der Senderempfänger **200** eine Empfangseinheit **206** auf, die eingehende Datenpakete zweiter Senderempfänger entgegennimmt, nach Adressen filtert, bezüglich an den Senderempfänger adressierte Datenpakete eine CRC-Prüfsumme ausrechnet und diese Datenpakete der Datenpaketanalysevorrichtung **210** zuführt.

[0053] Die Datenpaketanalysevorrichtung **210** ermittelt, ob es sich bei dem Datenpaket um ein an einen dritten Senderempfänger weiterzuleitendes Datenpaket oder um ein für den Senderempfänger bestimmtes Datenpaket handelt. Dazu empfängt die Datenpaketanalysevorrichtung **210** Zeitschlitzinformationen **216** und fragt eine Verweistabelle **220** auf aktuell aufgebaute virtuellen Verbindungen ab. Die virtuellen Verbindungen können beispielsweise Verweise von Kennungen zweiter Senderempfänger, von vorbestimmten Nachrichten oder von Zeitschlitz-

zen auf Kennungen dritter Senderempfänger sein.

[0054] Die Kriterien, wonach ein Datenpaket zur Weiterleitung ausgewählt und welcher der eigentliche Empfänger sein soll, können konfiguriert werden. Eine Option besteht darin, alle Datenpakete, die innerhalb eines bestimmten Zeitschlitzes empfangen wurden, immer an einen oder mehrere vorbestimmte dritte Senderempfänger zu senden. In diesem Fall braucht der Inhalt des Datenpaketes nicht berücksichtigt werden; die Kenntnis des Zeitpunkts des Empfangs genügt. Wenn der Empfangszeitpunkt unberücksichtigt bleiben soll, kann anhand der Absenderadresse, einer vorbestimmten Nachricht im Nutzdatenteil des Datenpakets (beispielsweise der Erhalt eines speziellen Signals wie „Not-Aus“) oder anhand von in den Nutzdaten enthaltenen Kennungen dritter Senderempfänger die Entscheidung getroffen werden.

[0055] Erkennt die Datenpaketanalysevorrichtung **210** ein Datenpaket als weiterzuleitend, so schreibt sie Nutzdaten des Datenpaketes in einen Nutzdatenspeicher **230**. Der Datenpaketkopf wird später von einem Datenpaketkopfgenerator **256** neu konstruiert. In einem Informationsspeicher **250** hinterlegt die Datenpaketanalysevorrichtung **210** die detektierte Kennung des dritten Senderempfängers als Empfänger des Datenpaketes und die Speicheradresse der Nutzdaten des Datenpaketes im Nutzdatenspeicher **230**.

[0056] Auf diesen Informationsspeicher **250** greift senderseitig eine Steuereinheit **240** zu. Diese erhält von einem Zeitgeber **258** ein Signal, dass ein neuer Zeitschlitz begonnen hat. Über ein Verzeichnis der aktuell reservierten Zeitschlitzes **216** stellt die Steuereinheit fest, ob und für welchen dritten Senderempfänger momentan ein Sendezeitschlitz für den Senderempfänger besteht. Falls das der Fall ist, untersucht sie den Informationsspeicher **250** dahingehend, ob für den dritten Senderempfänger ein Datenpaket gespeichert ist. Ist das ebenfalls der Fall, so veranlasst die Steuereinheit **240** das Erzeugen eines den Informationen entsprechenden Datenpaketkopfes durch den Datenpaketkopfgenerator **256**. Dieser wird, sowie anschließend die unveränderten Datenpaketnutzdaten, der Sendeeinheit **260** zum Versenden an den oder die dritten Senderempfänger zugeführt.

[0057] Ist ein Datenpaket durch die Datenpaketanalysevorrichtung **210** als für den Senderempfänger bestimmtes Datenpaket erkannt worden, so veranlasst die Datenpaketanalysevorrichtung **210** eine Speicherung des Datenpakets in einem empfängerseitigen Zwischenspeicher **212**, auf den ein Mikrocontroller zugreifen kann.

[0058] Der Senderempfänger umfasst weiterhin ei-

nen senderseitigen Zwischenspeicher **270**, in dem von einem mit dem Senderempfänger verbundenen Modul, wie beispielsweise ein Sensor, erstellte Datenpakete hinterlegt sind. Das Versenden dieser Datenpakete erfolgt auf einer „First In, First Out“ – Basis in Abstimmung mit den ihnen zugewiesenen Zeitschlitzten.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102007003634 B3 [\[0015\]](#)

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- IEEE 802.15.4 Standard [\[0001\]](#)
- IEEE 802.15.4 Standard [\[0002\]](#)
- IEEE 802.15.4 Standard [\[0003\]](#)
- IEEE 802.15.4 Standard [\[0005\]](#)
- IEEE 802.15.4 Standards [\[0005\]](#)
- IEEE Standard 802, "Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks," 2006 [\[0005\]](#)
- IEEE 802.15.4 Standard [\[0012\]](#)
- Standard IEEE 802.15.4 [\[0041\]](#)
- IEEE 802.15.4 [\[0047\]](#)

Patentansprüche

1. Protokollbeschleunigermodul, nachfolgend als Beschleunigermodul bezeichnet, für einen Senderempfänger, wobei der Senderempfänger ausgebildet ist, ein Datenpaket eines zweiten Senderempfängers an einen oder mehrere dritte Senderempfänger entsprechend einem TDMA-basierten Datenübertragungsprotokoll weiterzuleiten und das Beschleunigermodul ausgebildet ist,

– bei Empfang des Datenpaketes des zweiten Senderempfängers während eines ersten Zeitschlitzes eine Verweistabelle abzufragen, die Verweistabelle umfassend mindestens einen Verweis aus der Gruppe folgender Verweistypen:

a) Verweis eines bestimmten Empfangszeit-schlitzes auf eine Kennung mindestens eines dritten Senderempfängers, wobei ein während des bestimmten Empfangszeit-schlitzes vom Senderempfänger empfangenes Datenpaket an den dritten Senderempfänger weiterzuleiten ist;

b) Verweis einer Kennung eines bestimmten zweiten Senderempfängers als Sender auf eine Kennung mindestens eines dritten Senderempfängers als vorbestimmter Empfänger des Datenpaketes, nachfolgend als virtuelle Verbindung bezeichnet; oder

c) Verweis einer im Datenpaket enthaltenen vorbestimmten Nachricht auf eine Kennung mindestens eines dritten Senderempfängers als vorbestimmter Empfänger des Datenpaketes;

und bei Vorhandensein eines dem Datenpaket entsprechenden Verweises eine Kennung eines dritten Senderempfängers als Empfänger des Datenpaketes in der Verweistabelle zu detektieren; und

– während eines auf den ersten Zeitschlitz unmittelbar folgenden zweiten Zeitschlitzes ein Versenden des Datenpaketes an den dritten Senderempfänger zu veranlassen, falls der zweite Zeitschlitz dem Senderempfänger zugewiesen ist.

2. Beschleunigermodul nach Anspruch 1, das ausgebildet ist, bei Empfang des Datenpaketes des zweiten Senderempfängers während des ersten Zeitschlitzes eine im empfangenen Datenpaket enthaltene Empfängererkennung mindestens eines dritten Senderempfängers zu detektieren und während des zweiten Zeitschlitzes ein Versenden des Datenpaketes an den dritten Senderempfänger zu veranlassen, falls für das Datenpaket kein entsprechender Verweis in der Verweistabelle vorhanden ist und der zweite Zeitschlitz dem Senderempfänger zugewiesen ist.

3. Beschleunigermodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Beschleunigermodul in Hardware implementiert ist, umfassend eine empfängerseitige Datenpaketanalysevorrichtung (210), die ausgebildet ist,

– Nutzdaten des empfangenen Datenpaketes in einen Nutzdatenspeicher (230) des Beschleunigermoduls zu schreiben und

– die detektierte Kennung des dritten Senderempfängers als Empfänger des Datenpaketes und eine, Speicheradresse der gespeicherten Nutzdaten in einen Informationsspeicher (250) zu schreiben; und umfassend eine senderseitige Steuereinheit (240), die ausgebildet ist,

– Zeitschlitzinformation (216) über einen dem Senderempfänger (200) zugewiesenen Zeitschlitz zu empfangen;

– eine in der Zeitschlitzinformation enthaltene Empfängererkennung eines dritten Senderempfängers zu erfassen und mit detektierten Empfängererkennungen des Informationsspeichers (250) zu vergleichen;

– bei Übereinstimmung der in der Zeitschlitzinformation enthaltenen Empfängererkennung mit einer Empfängererkennung des Informationsspeichers (250) der übereinstimmenden Empfängererkennung zugehörigen Nutzdaten des Nutzdatenspeichers (230) anhand einer der übereinstimmenden Empfängererkennung zugeordneten Speicheradresse aufzurufen und eine Erzeugung eines den aufgerufenen Nutzdaten zuzufügenden Datenpaketkopfes zu veranlassen; und

– die aufgerufenen Nutzdaten und den erzeugten Datenpaketkopf einer Sendeeinheit (260) des Senderempfängers (200) als weiterzuleitendes Datenpaket zum Versenden im zugewiesenen Zeitschlitz bereitzustellen.

4. Beschleunigermodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem einem jeweiligen Verweistyp eine Priorität einer jeweiligen Höhe zugeordnet ist und das Beschleunigermodul ausgebildet ist, bei einem gleichzeitigen Vorhandensein einer Vielzahl für das empfangene Datenpaket zutreffender Verweise verschiedener Verweistypen ein Versenden des Datenpaketes entsprechend des Verweistyps höchster Priorität an den dritten Senderempfänger zu veranlassen.

5. Beschleunigermodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, das ausgebildet ist,

– bestimmten virtuellen Verbindungen der Verweistabelle eine jeweilige maximale Verweildauer zuzuordnen; und

– empfangene Datenpakete, welche entsprechend einer bestimmten virtuellen Verbindung weiterzuleiten sind, in Abhängigkeit einer jeweiligen verbleibenden Verweilzeit priorisiert zu versenden.

6. Beschleunigermodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, das zur Ausführung von Aufgaben eines Datenübertragungsprotokolls gemäß dem Standard IEEE 802.15.4 in einem Senderempfänger ausgebildet ist.

7. Senderempfänger mit einem Beschleunigermodul nach einem der Ansprüche 1 bis 6.

8. Senderempfänger nach Anspruch 7, der aus-

gebildet ist,

- ein für den Senderempfänger bestimmtes Datenpaket in einen empfängerseitigen Zwischenspeicher des Senderempfängers zu schreiben;
- eine Warteschlange zu sendender Datenpakete eines senderseitigen Zwischenspeichers des Senderempfängers zu verwalten; und

während eines dem Senderempfänger zugewiesenen Zeitschlitzes Datenpakete der Warteschlange auszuwählen und ein Versenden derselben an einen oder mehrere dritte Senderempfänger zu veranlassen.

802.15.4 in einem Senderempfänger ausgebildet ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

9. Sensorknoten mit einem Sensor und einem mit diesem verbundenen Senderempfänger nach einem der Ansprüche 7 oder 8.

10. Betriebsverfahren für einen Senderempfänger, umfassend Weiterleiten eines Datenpaketes eines zweiten Senderempfängers an einen oder mehrere dritte Senderempfänger entsprechend einem TDMA-basierten Datenübertragungsprotokoll, wobei das Weiterleiten die folgenden Schritte umfasst:

- Empfangen des Datenpaketes des zweiten Senderempfängers während eines ersten Zeitschlitzes;
- Abfragen einer Verweistabelle, die Verweistabelle umfassend mindestens einen Verweis aus der Gruppe folgender Verweistypen:

a) Verweis eines bestimmten Empfangszeit Schlitzes auf eine Kennung mindestens eines dritten Senderempfängers, wobei ein während des bestimmten Empfangszeit Schlitzes vom Senderempfänger empfangenes Datenpaket an den dritten Senderempfänger weiterzuleiten ist;

b) Verweis einer Kennung eines bestimmten zweiten Senderempfängers als Sender auf eine Kennung mindestens eines dritten Senderempfängers als vorbestimmter Empfänger des Datenpaketes, nachfolgend als virtuelle Verbindung bezeichnet; oder

c) Verweis einer im Datenpaket enthaltenen vorbestimmten Nachricht auf eine Kennung mindestens eines dritten Senderempfängers als vorbestimmter Empfänger des Datenpaketes;

- Detektieren einer Kennung eines dritten Senderempfängers als Empfänger des Datenpaketes in der Verweistabelle, falls für das Datenpaket ein entsprechender Verweis vorhanden ist oder Detektieren einer Kennung eines dritten Senderempfängers in Nutzdaten des empfangenen Datenpaketes, falls für das Datenpaket kein entsprechender Verweis vorhanden ist; und

- Versenden des Datenpaketes an den dritten Senderempfänger während eines auf den ersten Zeitschlitz unmittelbar folgenden zweiten Zeitschlitzes, falls der zweite Zeitschlitz dem Senderempfänger zugewiesen ist.

11. Betriebsverfahren nach Anspruch 10, das zur Ausführung von Aufgaben einer Datensicherungs-Protokollebene gemäß dem Standard IEEE

Anhängende Zeichnungen

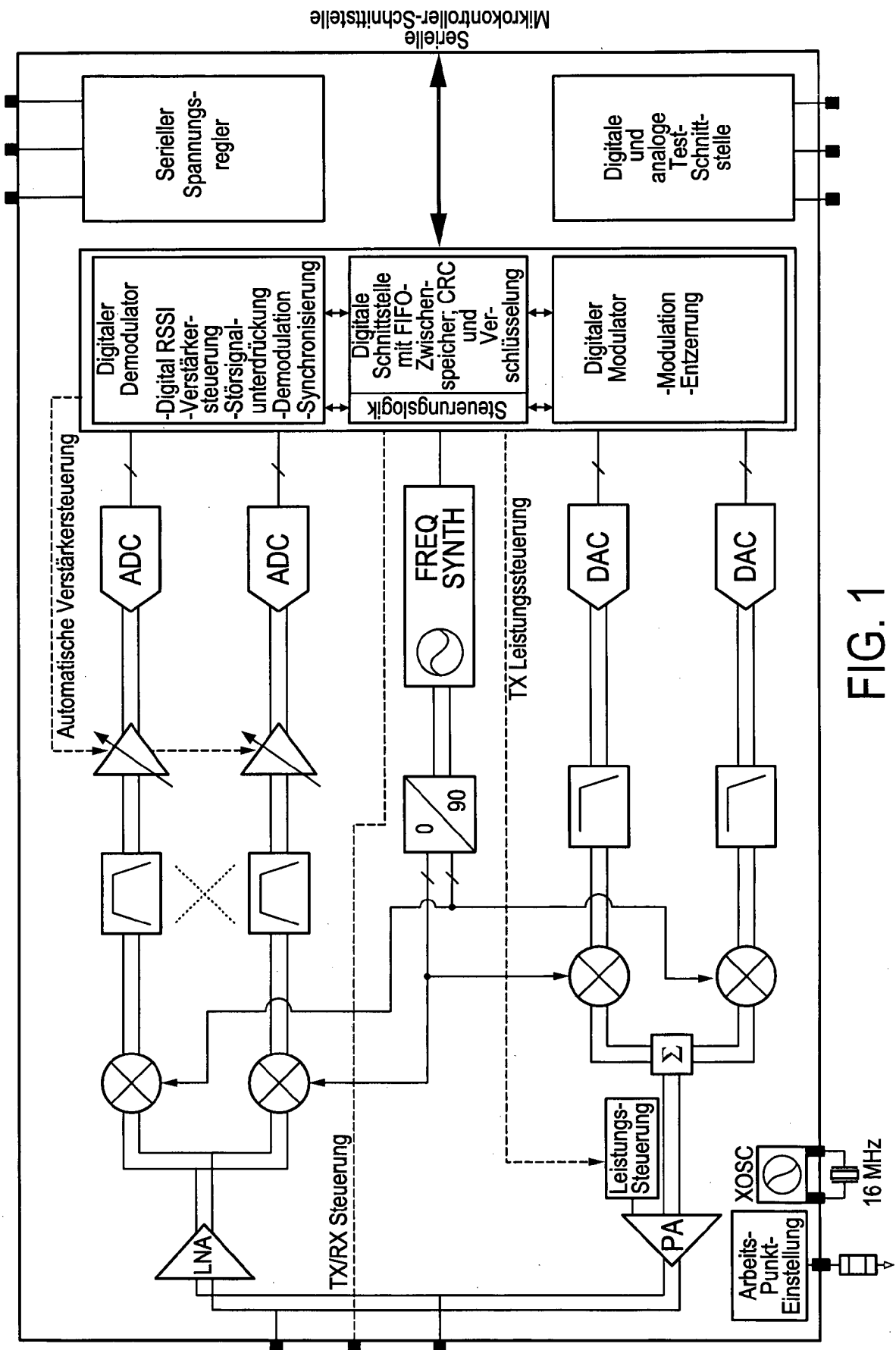


FIG. 1

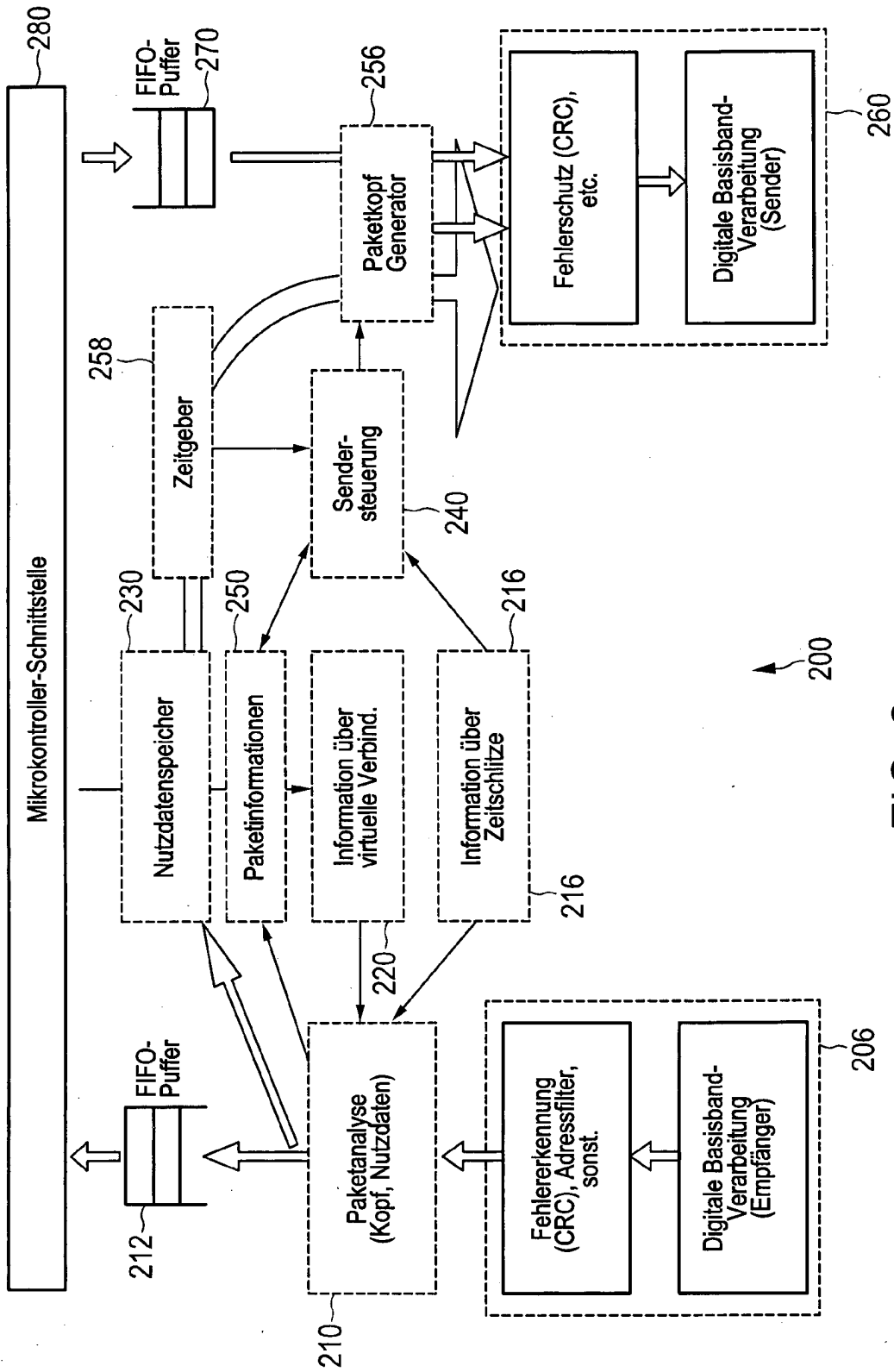


FIG. 2