



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 00 815 T2** 2005.09.15

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 263 170 B1**

(51) Int Cl.⁷: **H04L 12/413**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 00 815.8**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 252 574.5**

(96) Europäischer Anmeldetag: **10.04.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **04.12.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **28.07.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **15.09.2005**

(30) Unionspriorität:

848622 03.05.2001 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FI, FR, GB, IT, SE

(73) Patentinhaber:

Lucent Technologies Inc., Murray Hill, N.J., US

(72) Erfinder:

**Li, Chih Peng, Kaohsiung 800, TW; Wang, Robert
Chuenlin, Randolph, New Jersey 07869, US**

(74) Vertreter:

derzeit kein Vertreter bestellt

(54) Bezeichnung: **Back-Off-Verfahren und System mit festem Kollisionsraten**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung**GEBIET DER ERFINDUNG**

[0001] Die Erfindung betrifft im Allgemeinen eine Datenkonfliktauflösung, bei welcher mehrere Teilnehmer um Zugriff auf ein Datennetzwerk ringen, und insbesondere ein System und ein Verfahren zur Auflösung von Datenkollisionen.

ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

[0002] In jedem Netzwerk, in welchem mehrere Teilnehmer mit einem gemeinsam genutzten Kommunikationskanal verbunden sind, gibt es typischerweise ein Verfahren zum Auflösen welcher Teilnehmer eine Nutzung des Kanals erhält, wenn es einen Konflikt gibt. Wenn zwei oder mehr Teilnehmer gleichzeitig versuchen, Daten in der gleichen Bandbreite zu übertragen, kann eine Kollision auftreten, und Daten können verloren gehen. Die verschiedenen Verfahren zum Auflösen von Wettkämpfen zwischen den Teilnehmern und zum Wiedererlangen von Datenkollisionen werden oft Medium-Zugriffssteuerungs-(MAC, Medium Access Control)-Protokolle genannt.

[0003] Eine Hauptkategorie von MAC-Protokollen ist der Direktzugriffstyp. Diese Protokolle setzen Paketkonfliktverfahren ein, wie beispielsweise ALOHA mit Zeitraster oder Mehrfachzugriff durch Trägerabstimmung (CSMA, Carrier Sense Multiple Access), um einen Kanalkonflikt zu behandeln. ALOHA mit Zeitraster reduziert die Anzahl an Datenkollisionen durch Aufteilen des Kanals in Zeitschlitze und durch Verlangen, dass Teilnehmer am Anfang jedes Schlitzes übertragen. Kollisionen treten Systemen mit ALOHA mit Zeitraster auf, wenn zwei oder mehr Teilnehmer gleichzeitig an den gleichen Zeitschlitz übertragen. CSMA reduziert Kollisionen, indem Teilnehmer zum Überwachen der Datenkanäle veranlasst werden, um festzustellen ob der Kanal belegt oder zur Übertragung verfügbar ist. Kollisionen treten bei CSMA auf, wenn zwei oder mehr Teilnehmer gleichzeitig einen freien Kanal bemerken und gleichzeitig übertragen.

[0004] Eine eigene Kategorie von MAC-Protokollen ist der bedarfsorientierte Zuteilungstyp. Diese Protokolle verwalten einen Netzwerkkonflikt durch Aufteilen des Kanals in Belegungsschlitze und durch Verlangen, dass Teilnehmer einen Kanalschlitz zum Übertragen belegen. Anders als bei Direktzugriffsprotokollen wird Teilnehmern eines Systems mit bedarfsorientierter Zuteilung zugesichert, dass die Daten ohne Kollision übertragen werden, wenn einmal eine erfolgreiche Belegung erzeugt wurde. Bedarfsorientierte Zuteilungskollisionen treten jedoch noch in der Belegungsphase der Übertragung auf, wenn zwei oder mehr Teilnehmer gleichzeitig versuchen, Belegungen in der gleichen Bandbreite zu erzeugen.

[0005] Wenn mehrere Teilnehmer mit einem gemeinsam genutzten Kommunikationskanal verbunden sind, sind Datenkollisionen ungeachtet einer Verwendung eines Direktzugriffs- oder eines bedarfsorientierten Zuteilungsprotokolls eine feste Tatsache. Um einen Datenverlust bei jedem Auftreten einer Kollision zu vermeiden, verwenden MAC-Protokolle Kollisionsauflösungs- oder Back-Off-Algorithmen, um die kollidierten Daten aus der Kollision wiederzuerlangen und zu bestimmen, wann sie erneut übertragen werden sollen.

[0006] In der Technik gibt es drei allgemein bekannte Typen von Back-Off-Algorithmen. Der erste ist ein Spaltungsalgorithmus, welcher auch als ein Baum-Algorithmus bekannt ist. Der zweite Typ ist ein adaptiver p-Persistenz-Algorithmus, und der dritte ist ein Back-Off-Algorithmus mit sukzessiver Verdopplung (BEB). Jeder Algorithmus unternimmt einen unterschiedlichen Ansatz, um zu bestimmen, wann Daten erneut übertragen werden sollen, welche zuvor kollidiert sind.

[0007] Es existiert keine einzelne Richtschnur, um zu bestimmen, welche der drei Kategorien von Back-Off-Algorithmen die beste ist. Eine Richtschnur des Leistungsvermögens ist der Durchsatz. Im Allgemeinen ist der Durchsatz die Datenmenge, welche von einem Teilnehmer zu einem anderen Teilnehmer in einer festgelegten Zeitspanne übermittelt wird. Bei Konfliktauflösungsalgorithmen wird der Durchsatz oft als ein Verhältnis der Anzahl erfolgreicher Übertragungen zur Gesamtzahl von Übertragungsgelegenheiten gemessen. Bei einem drahtlosen Internet-Zugriffssystem, welches ein bedarfsorientiertes Zuteilungsprotokoll verwendet, ist Durchsatz beispielsweise das Verhältnis der Anzahl erfolgreich erzeugter Belegungen zur Gesamtzahl verfügbarer Belegungsschlitze.

[0008] Von den drei oben stehenden Klassen von Back-Off-Algorithmen, weisen Baum-Algorithmen im Allgemeinen den höchsten Durchsatz auf. Obwohl ihr maximaler stabiler Durchsatz unbekannt bleibt, weisen Baum-Algorithmen erzielte Durchsätze von 0,4878 auf. Dieser größere Durchsatz kommt jedoch mit einem Preis. Der Baum-Algorithmus ist der bei weitem fortschrittlichste der drei zu implementierenden Back-Off-Algorithmen, und die Anzahl der Netzwerke, welche einen Baum-Algorithmus implementieren können, ist begrenzt, weil der Algorithmus erfordert, dass die Teilnehmer volle Kenntnis der drei möglichen Bedingungen (Erfolg, Kollision, Untätigkeit) für jeden Belegungsschlitz aufweisen.

[0009] Der zweite Back-Off-Algorithmustyp ist ein adaptiver p-Persistenz-Algorithmus. Ein adaptiver p-Persistenz-Algorithmus arbeitet mit einer Berechnung einer Wahrscheinlichkeit p einer erneuten Übertragung durch ein Abschätzen der Anzahl aktiver Teil-

nehmer (Teilnehmer, welche um die Bandbreite konkurrieren) unter Verwendung einer Rückmeldung von den Belegungsschlitzten. Der Algorithmus erhöht p , wenn ein untätiger Schlitz auftritt, und vermindert p , wenn eine Kollision erkannt wird. Wenn es eine unendliche Anzahl von Teilnehmern im System gibt, ist der maximal erreichbare Durchsatz der adaptiven p -Persistenz-Algorithmen höchstens $1/e = 0,3679$. Unter derartigen Umständen treten Untätigkeiten mit einer Wahrscheinlichkeit von $1/e \sim 0,3679$ auf, und Kollisionen treten mit einer Wahrscheinlichkeit von $1 - 2/e \sim 0,2642$ auf.

[0010] Wie bei einem Baum-Algorithmus, erfordert ein adaptiver p -Persistenz-Algorithmus eine Rückmeldung über die Datenkanäle, welche viele Netzwerke nicht bereitstellen. Bei vielen Systemen einschließlich vieler Computer- und drahtloser Kommunikationsnetzwerke wissen individuelle Teilnehmer, ob ihre eigenen Pakete erfolgreich übertragen wurden oder nicht, weisen jedoch keine Informationen über den Status anderer Kanäle im Netzwerk auf. Weil so viele Systeme mit vielen Teilnehmern (einschließlich Ethernet, CATV und drahtlose Netzwerke) keine notwendige Kanalarückmeldung bereitstellen, wird oft der BEB-Algorithmus zur Kollisionsauflösung eingesetzt.

[0011] Anders als Baum- und adaptive p -Persistenz-Algorithmen erfordert ein BEB-Algorithmus nicht, dass Teilnehmer eine Rückmeldung über jeden Datenkanal bereitstellen. Der BEB arbeitet wie folgt: eine unmittelbare erste Übertragung wird ausgeführt sobald ein Paket den Kopf der Übertragungswarteschlange erreicht. Falls der übertragende Teilnehmer eine Kollision erkennt, überträgt er k Schlitzte später erneut, wobei k eine zufällige Ganzzahl ist, welche gleichmäßig über das Intervall $[1, 2^i]$ verteilt ist. Das Intervall, aus welchem die gleichmäßig verteilte Zahl gezogen wird, wird hier nachfolgend als das Back-Off-Fenster bezeichnet. Falls i (die Anzahl der Kollisionen) größer als 16 ist, ist das Paket verloren und wird ausgelassen. Wenn ein Paket einmal entweder erfolgreich übertragen oder ausgelassen wurde, wird i auf null gesetzt. Die Logik, welche dem BEB zugrunde liegt, ist, dass für ein gegebenes Paket eine hohe Anzahl nicht erfolgreicher Übertragungen voraussetzt, dass mehr Teilnehmer um die verfügbare Bandbreite ringen und ein größeres Back-Off-Fenster geöffnet werden muss.

[0012] Einer der Nachteile des BEB ist, dass es unter ein paar Problemen des Leistungsvermögens leidet. Erstens bewirkt es, dass das Netzwerk instabil wird, wenn die Anzahl an Teilnehmern sehr groß wird. Das bedeutet, dass wenn die Anzahl an Teilnehmern auf einem System gegen unendlich geht, der Durchsatz eines BEB-Systems gegen null geht. Zusätzlich führt der BEB unter den konkurrierenden Teilnehmern zu einem Zuletzt-Gekommen-Zuerst-Be-

dient-Effekt. Insbesondere ein Teilnehmer, welcher ein Paket aufweist, welches gerade den Kopf der Übertragungswarteschlange erreicht hat, weist eine höhere Wahrscheinlichkeit des Erhalts eines Belegungsschlitzes auf als ein Teilnehmer, welcher sich schon in der Warteschlange befindet und eine oder mehrere Kollisionen erfahren hat. Dies tritt auf, weil der Teilnehmer, dessen Paket gerade in der Warteschlange eingetroffen ist, ein relativ kleineres Back-Off-Fenster aufweist als der Teilnehmer, welcher schon mehrere Kollisionen erfahren hat. Dies wird der Mitnahmeeffekt genannt, weil es einem einzelnen oder wenigen gewinnenden Teilnehmern gestattet, die verfügbare Bandbreite zu beherrschen.

[0013] Es existiert folglich ein unbefriedigter Bedarf in der Branche an einem verbesserten Verfahren zum Auflösen von Datenkollisionen, welches die Mängel des Stands der Technik überwindet, von welchen manche oben stehend diskutiert wurden.

[0014] EP-A-0 524 675 offenbart ein Datenübertragungsverfahren durch mehrere Unterstationen an eine Hauptstation über einen gemeinsamen Kanal. Jede Unterstation überträgt Daten in einem vorbestimmten Zeitschlitz mit einer Wahrscheinlichkeit p , welche durch die Unterstationen auf der Grundlage von Steuerbefehlen modifiziert wird, welche von der Hauptstation empfangen werden. Die Steuerbefehle basieren auf dem Ergebnis eines Vergleichs zwischen der Last des Kommunikationskanals und einer optimalen Last des Kommunikationskanals, welcher durch die Hauptstation ausgeführt wird.

[0015] EP-A-0 877 511 offenbart einen Knoten, welcher Teil eines Systems ist, in welchem mehr als eine Seite versucht, Informationen auf einem gemeinsamen Bus zu übertragen. Jeder Knoten des Systems ist in der Lage, die Anzahl an Kollisionen zu bestimmen, welche auf dem Bus aufgetreten sind, und falls mehr als zwei Kollisionen aufgetreten sind, wird ein Back-Off-Zeitfenster zufällig aus einer Gruppe vorbestimmter Back-Off-Zeitfenster ausgewählt. Auf diesem Weg werden Verzögerungen aufgrund von mehreren kollidierenden Seiten minimiert. Die Back-Off-Zeitfenster werden vorberechnet und bilden einen Satz von Back-Off-Fenstern, von welchen eines zufällig ausgewählt wird, wenn mehr als zwei Kollisionen durch den Netzwerknoten erkannt wurden.

[0016] Field J A et al. „A Carrier Sense Multiple Access (Collision Detection) System With Global Information" COMPUTER NETWORKS, WASHINGTON, 20. bis 23. SEPTEMBER 1982 DIGEST OF PAPERS FROM COMPCON. FALL, COMPUTER SOCIETY INTERNATIONAL CONFERENCE, NEW YORK, I.E.E.E., US, Bd. CONF. 25, September 1982 (1982-09, Seiten 511 bis 520, XP000811222 offenbart ein alternatives CSMA-CD-Protokoll, welches

eine globale Informationsabschätzung verwendet. Eine Station versucht nur auf einem Bus zu übertragen, wenn sich der Bus in seinem Ruhezustand befindet. Falls eine Kollision erkannt wird, bricht die Station eine Übertragung nach einem Zeitintervall ab und plant einen erneuten Versuch nach einer Back-Off-Verzögerung ein. Falls der Bus nach der Back-Off-Verzögerung untätig ist und keine Kollision während der Back-Off-Verzögerung beobachtet wurde, wird sofort eine erneute Übertragung versucht. Andernfalls muss die Station warten, bis sich der Kommunikationsbus wieder im Ruhezustand befindet. Ein Erfassen einer erfolgreichen Übertragung (durch eine andere Station) bewirkt, dass die Station ihre verbleibende Back-Off-Verzögerung aufhebt. Es wird ein idealer durchschnittlicher Back-Off auf der Grundlage einer Annäherung eines rekursiven Algorithmus an eine Exponentialfunktion berechnet.

KURZFASSUNG DER ERFINDUNG

[0017] Ein Verfahren und ein System gemäß der Erfindung werden in den selbständigen Ansprüchen dargelegt. Bevorzugte Ausführungsformen werden in den abhängigen Ansprüchen dargelegt.

[0018] Ein System und ein Verfahren für eine Datenkollisionsauflösung, wobei das gleiche Back-Off-Fenster an mehrere entfernte Teilnehmer gesendet und dynamisch eingestellt wird, um eine Kollisionsrate einzuhalten und dadurch einen verbesserten Durchsatz zu ermöglichen. Gemäß einer Ausführungsform wird eine Kollisionsrate durch ein Erfassen von Kollisionen in Belegungsschlitzten abgeschätzt und die Größe des Back-Off-Fensters wird eingestellt, um eine Kollisionsrate von ungefähr $1-2/e$ einzuhalten.

[0019] Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren offenbart, wobei ein erstes Back-Off-Fenster an alle Teilnehmer eines Netzwerks gesendet wird, ein zweites Back-Off-Fenster auf der Grundlage von einer oder mehreren Betriebseigenschaften des Netzwerks berechnet wird und das zweite Back-Off-Fenster dann an die Teilnehmer gesendet wird. Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung offenbart weiterhin ein Berechnungsverfahren des Back-Off-Fensters auf der Grundlage der Kollisionsrate des Systems, und bei einer anderen Ausführungsform wird das Back-Off-Fenster eingestellt, um eine konstante Kollisionsrate von ungefähr $1-2/e$ einzuhalten. Bei noch einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird der Status eines oder mehrerer Belegungsschlitzte verwendet, um die Kollisionsrate des Systems abzuschätzen.

[0020] Gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur Kollisionsauflösung offenbart, wobei ein gemeinsames

Back-Off-Fenster an alle Teilnehmer eines Netzwerks gesendet wird und das Back-Off-Fenster dynamisch eingestellt wird, um einen Durchsatz zu maximieren. Eine andere Ausführungsform offenbart ein dynamisches Einstellen des Back-Off-Fensters auf der Grundlage einer Kollisionsrate, und bei einer anderen Ausführungsform wird das Back-Off-Fenster eingestellt, um eine konstante Kollisionsrate von ungefähr $1-2/e$ einzuhalten. Bei wieder einer anderen Ausführungsform wird die Back-Off-Fenstergröße eingestellt, um die Anzahl von Teilnehmern auf dem System ungefähr gleich der Back-Off-Fenster zu halten.

[0021] Gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein System zum Auflösen von Datenkollisionen in einem gemeinsam genutzten Netzwerk offenbart, wobei das System mehrere entfernte Vorrichtungen und einen Zugangspunkt umfasst, so dass der Zugangspunkt einen Vermittlungsschalter zur Kommunikation mit den mehreren Teilnehmern, einen Sendeempfänger zum Senden und Empfangen von Informationen an und von den mehreren Teilnehmern, und eine Kollisionsauflösungsvorrichtung umfasst, welche ein anfängliches Back-Off-Fenster berechnet, welches an die mehreren Teilnehmer gesendet wird, die Kollisionsrate des Systems abschätzt und dynamisch das Back-Off-Fenster einstellt, um eine im Wesentlichen konstante Kollisionsrate einzuhalten.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0022] Nachdem die Erfindung so in allgemeinen Begriffen beschrieben wurde, wird nun auf die begleitenden Zeichnungen Bezug genommen, welche nicht unbedingt maßstabstreu gezeichnet wurden, und wobei:

[0023] [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung eines Kommunikationsnetzwerks ist; und

[0024] [Fig. 2](#) ein Schaubild ist, welches einen Durchsatz mit einer Back-Off-Fenstergröße für verschiedene Zahlen aktiver Teilnehmer in Beziehung setzt.

[0025] [Fig. 3](#) ein Schaubild ist, welches eine Schlitzkollisionsrate mit einer Back-Off-Fenstergröße für verschiedene Teilnehmerzahlen in Beziehung setzt.

[0026] [Fig. 4](#) ein Ablaufdiagramm ist, welches ein Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung illustriert, welches einem Zugangspunkt gestattet, Belegungsschlitzte und Kollisionen zu verfolgen.

[0027] [Fig. 5](#) ein Ablaufdiagramm ist, welches ein Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung illustriert, welches einem Zugangspunkt gestattet, das Back-Off-Fenster dynamisch einzustellen.

[0028] **Fig. 6** ein Ablaufdiagramm ist, welches ein Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung vom Standpunkt der drahtlosen Vorrichtung illustriert.

[0029] **Fig. 7** ein Schaubild ist, welches die durchschnittliche Paketverzögerung eines Verfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung mit der eines BEB-Algorithmus vergleicht.

[0030] **Fig. 8** ein Schaubild ist, welches die Standardabweichung der Verzögerung eines Verfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung mit der eines BEB-Algorithmus vergleicht.

[0031] **Fig. 9** ein Schaubild ist, welches den Durchsatz eines Verfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung mit dem eines BEB-Algorithmus vergleicht.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0032] Die vorliegende Erfindung wird nun hier nachfolgend unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen vollständiger beschrieben, in welchen bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung gezeigt werden. Diese Erfindung kann jedoch in vielen unterschiedlichen Formen ausgeführt werden und sollte nicht als auf die hier dargelegten Ausführungsformen begrenzt gedeutet werden; stattdessen werden diese Ausführungsformen bereitgestellt, so dass diese Offenbarung gründlich und vollständig ist und Durchschnittsfachleuten den Schutzzumfang der Erfindung vollständig mitteilt. Gleiche Zahlen beziehen sich durchgehend auf gleiche Elemente.

[0033] Durchschnittsfachleuten auf dem Gebiet dieser Erfindung werden viele Modifikationen und andere Ausführungsformen der Erfindung in den Sinn kommen, welche den Nutzen der Lehren aufweisen, welche in den vorangehenden Beschreibungen und den zugeordneten Zeichnungen präsentiert wurden. Deshalb versteht es sich, dass die Erfindung nicht auf die bestimmten offenbarten Ausführungsformen begrenzt ist, und dass Modifikationen und andere Ausführungsformen als innerhalb des Schutzzumfangs der angefügten Ansprüche eingeschlossen gedacht sind. Obwohl hier bestimmte Begriffe eingesetzt werden, werden sie nur in einem generischen und beschreibenden Sinn verwendet und nicht zum Zweck einer Beschränkung.

I. Architektur

[0034] In den folgenden Abschnitten wird die vorliegende Erfindung in Bezug auf ein drahtloses Internet-Zugangssystem beschrieben. Dies ist nur für Darstellungszwecke. Es wird Durchschnittsfachleuten unmittelbar offenkundig, dass die vorliegende Erfindung in jeder Netzwerkumgebung eingesetzt werden kann, welche Zeitraster- und Zeiteilungsproto-

kolle verwendet, einschließlich und ohne Einschränkung Kabelfernsehen („CATV“), Mehrfachzugriffssysteme mit Paketauflösung („PRMA“, packet resolution multiple access systems) und jedes generische Zeitmultiplexsystem.

[0035] Unter Bezugnahme auf **Fig. 1** umfasst ein drahtloses Internet-Zugangssystem **10** einen Zugangspunkt **12** in Verbindung mit mehreren drahtlosen Vorrichtungen **14**, wie beispielsweise PDA-Minicomputer, Mobiltelefone oder jedes andere Computegerät, welches mit einem drahtlosen Modem ausgestattet ist. Eine drahtlose Kommunikationsverbindung **16** verkoppelt die drahtlosen Vorrichtungen **14** kommunikativ am Zugangspunkt **12** vorzugsweise über eine bidirektionale Übertragungsstrecke an. Der Zugangspunkt **12** sendet Informationen an die und empfängt Informationen von den mehreren drahtlosen Vorrichtungen **14** über einen Sendeempfänger **13**. Der Zugangspunkt **12** arbeitet als eine Basisstation eines Netzwerks **18** und umfasst eine Kollisionsauflösungsvorrichtung **30** (deren Betrieb unten in Abschnitt II beschrieben wird), welche gemäß der vorliegenden Erfindung das Back-Off-Fenster steuert und dynamisch einstellt. Der Zugangspunkt **12** kann weiterhin derartige Elemente wie einen Vermittlungsschalter **15** und einen Mikroprozessor **17** mit einem zugeordneten Speicher **19** umfassen, um den Vermittlungsschalter zu steuern und Zugang zum Netzwerk **18** bereitzustellen. Für Darstellungszwecke der bevorzugten Ausführungsform tritt die Kommunikation vom Zugangspunkt **12** an die drahtlosen Vorrichtungen **14** in der Abwärtsrichtung auf und wird durch den Zugangspunkt **12** gesteuert und eingeplant. Eine Kommunikation in der Aufwärtsrichtung von den drahtlosen Vorrichtungen **14** zum Zugangspunkt **12** tritt durch Belegungsschlitze eines bedarfsorientierten Zuteilungsprotokolls auf (nachfolgend diskutiert).

[0036] Jede drahtlose Vorrichtung **14**, welches die drahtlose Verbindungsstrecke **16** verwendet, weist eine Übertragungswarteschlange **20** zum Halten von Datenpaketen **22** auf, welche die Vorrichtung übertragen muss. Wie beispielsweise in **Fig. 1** ersichtlich, weist die drahtlose Vorrichtung **14** ein frühestes Paket **24** auf, welches in der Übertragungswarteschlange **20** platziert ist. Das Paket **24** wird das erste sein, welches übertragen wird, wenn die Verbindungsstrecke **16** zum Zugangspunkt **12** einmal verfügbar wird.

[0037] Wenn ein Paket den Kopf der Übertragungswarteschlange **20** erreicht, belegt die drahtlose Vorrichtung **14** durch Belegungsschlitze Bandbreite auf der drahtlosen Kommunikationsverbindung **16**. Es gibt eine Konkurrenz zwischen drahtlosen Vorrichtungen **14** bei ihrem Versuch, eine Belegung in einem Belegungsschlitze zu erzeugen, und es kann eine Paketkollision auftreten. Falls eine drahtlose Vorrichtung **14** eine erfolgreiche Belegung erzeugt und der Zugangspunkt **12** das Paket **24** ohne Kollision oder

Fehler empfängt, teilt der Zugangspunkt **12** Bandbreite für eine Datenübertragung zu, und die drahtlose Vorrichtung **14** überträgt seine Daten in der zugeordneten Bandbreite ohne ein Kollisionsrisiko. Falls jedoch zwei oder mehrere drahtlose Vorrichtungen **14** gleichzeitig versuchen, eine Belegung im gleichen Belegungsschlitz zu erzeugen, kollidieren die Pakete und es ist keine Belegung erfolgreich. Wenn dies geschieht, müssen die zwei oder mehreren drahtlosen Vorrichtungen **14** ein Back-Off ausführen und eine zufällige Zeitspanne vor einem Versuch einer anderen Belegung warten.

[0038] Die Kollisionsauflösungsvorrichtung **30** prüft den Status jedes Belegungsschlitzes, um zu bestimmen ob eine Kollision aufgetreten ist, und berechnet das Back-Off-Fenster gemäß dem Feste-Kollisionsraten-(FCR)-Algorithmus (nachfolgend beschrieben) neu, um eine im Wesentlichen konstante Kollisionsrate von $1-2/e$ einzuhalten und dadurch einen Durchsatz zu maximieren. Bei einer bevorzugten Ausführungsform hält die Kollisionsauflösungsvorrichtung **30** eine im Wesentlichen konstante Kollisionsrate von 0,25 ein, welche relativ nahe an $1-2/e$ ($\sim 0,2642$) liegt. Die Kollisionsauflösungsvorrichtung **30** schätzt die Kollisionsrate des Systems durch ein Feststellen ab, ob eine Kollision in einem gegebenen Belegungsschlitz auftritt. Wenn sich mehr als 25% der Belegungsschlitz in Kollision befinden, steigert die Kollisionsauflösungsvorrichtung **30** die Größe des Back-Off-Fensters, und wenn sich weniger als 25% der Belegungsschlitz in Kollision befinden, wird das Back-Off-Fenster verkleinert. Die Kollisionsauflösungsvorrichtung **30** sendet die neu berechneten Back-Off-Fenster zum Zugangspunkt **12**, und der Zugangspunkt **12** sendet das neue Back-Off-Fenster zu den entfernten Vorrichtungen **14**.

[0039] Bei einer bevorzugten Ausführungsform wird der FCR-Algorithmus über eine Software implementiert, welche im Speicher **32** gespeichert ist, wobei die Kollisionsauflösungsvorrichtung **30** eine Zentraleinheit **34** verwendet, um mit dem Speicher **32** zu interagieren und den Algorithmus auszuführen. Es versteht sich jedoch, dass die Computerbefehle, welche den Algorithmus ausführen, auch in Hardware, Software oder Firmware implementiert werden können. Diese Computerprogrammbefehle können auf einen Universalcomputer, einen Spezialrechner oder andere programmierbare Datenverarbeitungsvorrichtungen geladen werden, um eine Maschine zu erzeugen, so dass die Befehle, welche auf dem Computer oder anderen programmierbaren Datenverarbeitungsvorrichtungen ausgeführt werden, ein Mittel zum Implementieren der hier spezifizierten Funktionen schaffen.

II. Betrieb

[0040] Die folgenden Abschnitte beschreiben den

FCR-Algorithmus, ein neues Verfahren zur Kollisionsauflösung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, ausführlich und beschreiben den FCR im Kontext des drahtlosen Internet-Zugangssystems der [Fig. 1](#). Das offenbarte Verfahren kann auf vielen unterschiedlichen Systemen implementiert werden, weil, anders als die Baum- und p-Persistenz-Algorithmen, der FCR-Back-Off-Algorithmus, welcher Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist, nicht erfordert, dass individuelle Teilnehmer volle Kenntnis des Status jedes anderen Kanals im Netzwerk aufweisen. Mindestens in dieser Hinsicht ist die vorliegende Erfindung einem BEB-Algorithmus ähnlicher als entweder dem Baum- oder den p-Persistenz-Algorithmen. Der FCR vermeidet jedoch viele Probleme des Leistungsvermögens, wie beispielsweise Instabilität und Mitnahmeeffekt, welche mit dem BEB auftreten.

[0041] Ein anderer Unterschied zwischen dem FCR und anderen in der Technik bekannten Back-Off-Algorithmen ist, dass der FCR jedem Teilnehmer im Netzwerk das gleiche Back-Off-Fenster zuordnet. Dies bedeutet, dass jeder Teilnehmer die gleiche Chance auf ein Erhalten von Netzwerkressourcen hat, ungeachtet wie oft die Daten des Teilnehmers zuvor kollidiert sind. Der FCR verteilt folglich die Netzwerkressourcen in einer gerechteren Weise und vermeidet gleichzeitig den Mitnahmeeffekt, welcher beim BEB gefunden wird.

[0042] Der FCR hält einen hohen Durchsatz ein, indem er periodisch das gemeinsame Back-Off-Fenster erneut berechnet und das neue Back-Off-Fenster an die Teilnehmer sendet. Der FCR berechnet das Back-Off-Fenster auf der Grundlage einer oder mehrerer Betriebseigenschaften des Netzwerks neu. Beispielsweise berechnet der FCR bei einer Ausführungsform das Back-Off-Fenster erneut, um eine Kollisionsrate einzuhalten. Bei einer anderen Ausführungsform entspricht eine Back-Off-Fenstergröße der Anzahl von Teilnehmern auf dem System.

[0043] Die Erfinder der vorliegenden Erfindung haben durch ein Monte-Carlo-Simulationsverfahren festgestellt, dass ein maximaler Durchsatz auf einem drahtlosen Internet-Netzwerk auftrat, wenn die Anzahl aktiver Teilnehmer im Netzwerk gleich der Größe des Back-Off-Fensters war. Sie haben auch entdeckt, dass wenn ein Durchsatz maximiert war, die Kollisionsrate des Netzwerks konstant bei $1-2/e$ verharrte, und dass diese Kollisionsrate mit einer Steigerung der Anzahl aktiver Teilnehmer auf dem Netzwerk konstant blieb. Diese Entdeckungen wurden mathematisch bestätigt.

[0044] Die Erfinder führten Monte-Carlo-Simulationen durch, um einen Durchsatz für eine unterschiedliche Anzahl aktiver Teilnehmer U zu berechnen, welche unterschiedliche Back-Off-Fenster (als W wie-

dergegeben) verwenden. Es ist zu beachten, dass, wie in der folgenden Diskussion der Simulationsergebnisse verwendet, „Teilnehmer“ und „aktive Teilnehmer“ unterschieden wurden. Teilnehmer werden durch das System erkannt, sind jedoch untätig oder konkurrieren auf andere Weise nicht um Kanalbandbreite. Aktive Teilnehmer sind andererseits diejenigen Teilnehmer, welche Pakete aufweisen, welche in der Warteschlange für eine sofortige Übertragung warten, und konkurrieren mit anderen aktiven Teilnehmern um Kanalbandbreite. Die Ergebnisse der Durchsatzsimulationen mit aktiven Teilnehmern sind in [Fig. 2](#) für $U = 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512$ und 1024 ersichtlich. Die erste aus [Fig. 2](#) gezogene Schlussfolgerung ist, dass ein maximaler Durchsatz auftritt, wenn $U = W$ ist (wenn die Anzahl aktiver Teilnehmer gleich dem Back-Off-Fenster ist). Die zweite aus [Fig. 2](#) gezogene Schlussfolgerung ist, dass wenn die Anzahl aktiver Teilnehmer gegen unendlich geht, der maximal erreichbare Durchsatz gegen $1/e = 0,3679$ geht. Wenn drittens die Anzahl aktiver Teilnehmer klein ist, ist ein größerer Durchsatz möglich. Beispielsweise zeigt [Fig. 2](#), dass wenn zwei aktive Teilnehmer um Bandbreite konkurrieren, ein so hoher Durchsatz wie $0,5$ erreichbar ist.

[0045] Das Schaubild der [Fig. 3](#) ist ein anderes Produkt der Monte-Carlo-Simulationen. [Fig. 3](#) vergleicht eine Schlitzkollisionsrate mit einer Back-Off-Fenstergröße (W) für $U = 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512$ und 1024 . Wie sie hier verwendet wird, ist eine Schlitzkollisionsrate das Verhältnis von in Kollision befindlichen Schlitzzen zur Gesamtzahl von Schlitzzen. [Fig. 3](#) zeigt, dass die Schlitzkollisionsrate eine abnehmende Funktion der Back-Off-Fenstergröße ist. Es ist zu beachten, dass Quadrate verwendet werden, um den Wert einer Schlitzkollisionsrate am Punkt zu zeigen, an welchem $W = U$ ist, und dass wenn die Anzahl aktiver Teilnehmer gleich der Back-Off-Fenstergröße ist, Schlitzkollisionen mit einer beinahe konstanten Rate von $1-2/e \sim 0,2642$ auftreten. Wesentlicherweise bleibt die Schlitzkollisionsrate mit einem Steigern der Anzahl aktiver Teilnehmer auf dem System beinahe konstant.

[0046] Die folgenden Absätze stellen die mathematische Herleitung bereit, welchen den Monte-Carlo-Simulationsergebnissen zugrunde liegt, welche in [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) dargelegt sind.

[0047] Es sei n die Anzahl aktiver Teilnehmer. Wenn P die Wahrscheinlichkeit ist, dass ein aktiver Teilnehmer einen Belegungsschlitz mit Nummer 1 wählt, wobei der aktive Teilnehmer zufällig eine Nummer zwischen 1 und dem Back-Off-Fenster W wählt, dann ist $p = 1/W$. Wo, wie hier, allen aktiven Teilnehmern das gleiche Back-Off-Fenster zugeordnet ist, weist die Anzahl aktiver Teilnehmer, welche Konfliktschlitz 1 wählen, eine Binomialverteilung mit Parametern p und n auf, so dass:

$P_0 = (1 - p)^n$ = einer Wahrscheinlichkeit ist, dass kein Teilnehmer Belegungsschlitz eins wählt $P_1 = np(1 - p)^{n-1}$ = einer Wahrscheinlichkeit ist, dass ein Teilnehmer Belegungsschlitz eins wählt

[0048] Weil ein Durchsatz auftritt, wenn ein einzelner aktiver Teilnehmer der einzige aktive Teilnehmer ist, welcher zufällig einen bestimmten Belegungsschlitz auswählt, kann die Durchsatzwahrscheinlichkeit dargestellt werden als $P_1 = np(1 - p)^{n-1}$. In dieser Gleichung ist P_1 eine unimodale Funktion von p und weist einen Scheitelwert von $P_{1\max} = (1 - 1/n)^{n-1}$ bei $p = 1/n$ auf. Ein Durchsatz ist dann maximiert, wenn das Back-Off-Fenster gleich der Anzahl aktiver Teilnehmer ist, und wenn n gegen unendlich geht, ist $P_{1\max} = (1 - 1/n)^{n-1} \rightarrow 1/e$.

[0049] Die andere Seite der Gleichung ist, dass eine Kollision auftritt, wenn mehr als ein aktiver Teilnehmer den gleichen Belegungsschlitz auswählt, um eine Belegung zu erzeugen. Die Wahrscheinlichkeit einer auftretenden Kollision (die Kollisionswahrscheinlichkeit C) kann dargestellt werden als:

$$C = 1 - P_0 - P_1 = 1 - (1 - p)^n - np(1 - p)^{n-1} = 1 - (1 - p)^{n-1}(1 + (n - 1)p)$$

[0050] Bemerkenswerterweise geht die Kollisionswahrscheinlichkeit, wenn die Anzahl aktiver Teilnehmer gegen unendlich geht, gegen $1-2/e \sim 0,2624$. Wenn weiterhin ein Durchsatz maximiert ist, das bedeutet wenn $W = U$ und $p = 1/n$ ist, geht die Kollisionswahrscheinlichkeit für alle Werte von n gegen $1-2/e$ und kann dargestellt werden als:

$$C_{\text{opt}} = 1 - (1 - 1/n)^{n-1}(2 - 1/n),$$

wobei C_{opt} die Kollisionswahrscheinlichkeit bei maximalem Durchsatz ist.

[0051] Die vorangehende Simulation und mathematische Analyse demonstrieren, dass ein maximaler Durchsatz auftritt, wenn die Back-Off-Fenstergröße gleich der Anzahl aktiver Teilnehmer auf dem System ist und, wenn dieser Zustand eines maximalen Durchsatzes erreicht ist, Paketkollisionen mit einer konstanten Rate von $1-2/e$ auftreten.

[0052] In der Praxis weisen wenige Systeme die Fähigkeit auf, entweder die Anzahl aktiver Teilnehmer oder die Schlitzkollisionsrate zu verfolgen. Die Erfinder haben versucht, sich einen neuen Back-Off-Algorithmus auszudenken, welcher kein kluges System erfordert, welches ein System mit voller Kenntnis (Untätigkeit, Erfolg, Kollision) des Status jedes Kanals auf dem System ist. Am Ende entwickelten sie den FCR-Algorithmus, welcher eine Schlitzkollisionsrate unter Verwendung von Kanalstatusinformationen genau abschätzt, welche in jedem zentral ge-

steuerten System verfügbar sind. Der FCR berechnet dann das Back-Off-Fenster dynamisch neu, um eine abgeschätzte Kollisionsrate von ungefähr $1-2/e \sim 0,2642$ einzuhalten. Dies gewährleistet wiederum, dass das System bei maximalem Durchsatz arbeitet.

[0053] Eine Ausführungsform des Verfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung wird in den folgenden Absätzen ausführlich beschrieben. Die Ausführungsform wird in Bezug auf ein drahtloses Internet-Zugangssystem beschrieben, Durchschnittsfachleute werden jedoch sofort anerkennen, dass der FCR in jeder gemeinsam genutzten Netzwerkumgebung verwendet werden kann, welche Zeitraster- und Zeitteilungsprotokolle verwendet.

[0054] Bei der beschriebenen Ausführungsform wird mindestens alle vier Belegungsschlitze ein neues Back-Off-Fenster ausgestrahlt. Diese vier Belegungsschlitze werden hier als die Stammlänge der Belegung bezeichnet. Die Stammlänge der Belegung ist die Anzahl von Belegungsschlitzen, welche vom FCR verwendet werden, um die Schlitzkollisionsrate abzuschätzen. Es werden vier Belegungsschlitze verwendet, weil $0,25$ relativ dicht an der Zielschlitzkollisionsrate von $1-2/e \sim 0,2642$ liegt. Es ist Durchschnittsfachleuten jedoch sofort offenkundig, dass die Stammlänge der Belegung eingestellt werden kann, um die Schlitzkollisionsrate genauer abzuschätzen oder um Back-Off-Fenster mit höherer Frequenz auszustrahlen. Während eine Steigerung der Größe der Stammlänge der Belegung eine genauere Abschätzung der Kollisionsrate bereitstellt, bedeutet eine größer Stammlänge, dass das Back-Off-Fenster weniger häufig eingestellt wird. Simulationsergebnisse zeigen, dass eine Verwendung anderer Stammlängen der Belegung das Leistungsvermögen beeinflusst; Steigerungen beim Durchsatz waren jedoch minimal.

[0055] [Fig. 4](#) ist ein Ablaufdiagramm, welches zusammenfasst, wie der FCR Belegungsschlitze und Kollisionszähler verwendet, um die Schlitzkollisionsrate abzuschätzen und die Back-Off-Fenster dynamisch einzustellen, welche an alle drahtlose Vorrichtungen **14** (aktiven Teilnehmer) ausgestrahlt werden.

[0056] Unter Bezugnahme auf [Fig. 1](#) und [Fig. 4](#) wird ein anfängliches Back-Off-Fenster im Schritt **100** initialisiert. Oft wird ein anfängliches Back-Off-Fenster von eins verwendet. Im Schritt **102** werden ein Belegungsschlitzzähler und ein Kollisionszähler auf null gesetzt. Der Belegungsschlitzzähler verfolgt die Gesamtzahl von Belegungsschlitzen, und der Kollisionszähler verfolgt die Anzahl von Belegungsschlitzen, welche zu einer Kollision führen.

[0057] Wie diskutiert, ist ein Belegungsschlitze ein Abschnitt des Datenkanals, welcher von den drahtlo-

sen Vorrichtungen **14** verwendet wird, um Bandbreite auf dem Kanal zu belegen. Wenn eine drahtlose Vorrichtung **14** einmal eine erfolgreiche Belegung erzeugt, teilt der Zugangspunkt **12** Bandbreite zur Datenübertragung zu, und die drahtlose Vorrichtung **14** verwendet die Bandbreite, um Daten zum Zugangspunkt **12** aufwärts zu übertragen. Es treten Kollisionen im Belegungsschlitze auf, wenn zwei oder mehr drahtlose Vorrichtungen **14** versuchen, gleichzeitig den gleichen Belegungsschlitze zu belegen.

[0058] Wenn das Back-Off-Fenster einmal initialisiert ist und die Belegungs- und Kollisionszähler auf null gesetzt sind, strahlt der Zugangspunkt **12** das Back-Off-Fenster an die drahtlosen Vorrichtungen **14** aus (Schritt **104**) und wartet auf den nächsten Belegungsschlitze (Schritt **106**).

[0059] Wenn der Belegungsschlitze eintrifft, wird der Belegungsschlitzzähler mit eins inkrementiert (Schritt **108**), und es wird eine Bestimmung getroffen ob eine Kollision im Belegungsschlitze aufgetreten ist. Durchschnittsfachleuten sind mehrere Verfahren zum Erkennen von Kollisionen bekannt und eine erschöpfende Besprechung dieser Verfahren geht über den Schutzzumfang dieses Dokuments hinaus. Im Wesentlichen nimmt der FCR an, dass eine Paketkollision aufgetreten ist, wenn der Zugangspunkt **12** verstümmelte Daten oder auf andere Weise fehlerhafte Daten empfängt, und inkrementiert den Kollisionszähler mit eins (Schritt **112**).

[0060] Der Zugangspunkt **12** strahlt kein neues Back-Off-Fenster aus, bis eine ausreichende Anzahl von Belegungsschlitzen empfangen wurde, um die Schlitzkollisionsrate abzuschätzen. Bei dieser Ausführungsform ist die Stammlänge der Belegung vier; wenn deshalb der Belegungszähler vier nicht erreicht hat (Schritt **116**), kehrt der FCR zum Schritt **106** zurück und wartet auf den nächsten eintreffenden Belegungsschlitze. Eine Ausnahme zu dieser Regel tritt auf, wenn die Back-Off-Fenstergröße kleiner ist als die Stammlänge der Belegung (Schritt **114**). Wenn das Back-Off-Fenster bei dieser Ausführungsform kleiner als vier ist und der Belegungszähler kleiner als das Back-Off-Fenster ist, kehrt der FCR zum Schritt **106** zurück und wartet auf die nächste Belegung (Schritt **118**). Wenn jedoch das Back-Off-Fenster kleiner als vier ist (Schritt **114**) und der Belegungszähler gleich dem Back-Off-Fenster ist (Schritt **118**), schätzt der FCR die Schlitzkollisionsrate ab, berechnet ein neues Back-Off-Fenster (Schritt **120**), und der Zugangspunkt **12** strahlt das neue Back-Off-Fenster aus.

[0061] [Fig. 5](#) ist ein Ablaufdiagramm, welches ein beispielhaftes FCR-Betriebsverfahren zeigt, welches die Schlitzkollisionsrate abschätzt und diese Abschätzung verwendet, um ein neues Back-Off-Fenster gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden

Erfindung zu berechnen. Wie schon erklärt, tritt die Abschätzung und die Back-Off-Fensterberechnung auf (Schritt **130**), wenn entweder a) der Belegungszähler die Stammlänge der Belegung erreicht oder b) das Back-Off-Fenster kleiner als die Stammlänge der Belegung und der Belegungszähler gleich dem Back-Off-Fenster ist.

[0062] Im Schritt **132** prüft der FCR die Größe des Back-Off-Fensters. Ein Back-Off-Fenster von eins bedeutet, dass der Zugangspunkt **12** nur einen Belegungsschlitz seit dem Ausstrahlen des letzten Back-Off-Fensters empfangen hat. Im Schritt **134** prüft der FCR den Kollisionszähler, um zu sehen, ob eine Kollision im einzelnen Belegungsschlitz aufgetreten ist, welcher empfangen wurde. Falls es keine Kollision gegeben hat, fährt der FCR mit Schritt **200** fort, und der Zugangspunkt **12** strahlt das gleiche Back-Off-Fenster (Größe eins) an die drahtlosen Vorrichtungen **14** aus. Falls es andererseits eine Kollision gegeben hat (Kollisionszähler ist gleich zwei), erhöht der FCR das Back-Off-Fenster auf zwei (Schritt **136**) und der Zugangspunkt **12** strahlt das größere Back-Off-Fenster aus (Schritt **200**).

[0063] Falls das Back-Off-Fenster größer als eins, jedoch kleiner als vier ist (Schritt **138**), fährt der FCR mit Schritt **140** fort. Beim Schritt **140** weist der Belegungsschlitzzähler einen Wert von entweder zwei oder drei auf, und der FCR prüft den Kollisionszähler, um festzustellen, wie viele Kollisionen in diesen Schlitzen aufgetreten sind. Falls null Kollisionen aufgetreten sind, wird das Back-Off-Fenster auf eins gesetzt (Schritt **142**) und wird ausgestrahlt (Schritt **200**). Falls eine Kollision aufgetreten ist (Schritt **144**), wird das Back-Off-Fenster nicht verändert und wird erneut ausgestrahlt (Schritt **200**). Falls schließlich mehr als eine Kollision auftritt, wird das Back-Off-Fenster auf vier gesetzt (Schritt **146**) und ausgestrahlt (Schritt **200**).

[0064] Bei dieser Ausführungsform erreicht der FCR Schritt **148**, wenn die Größe des Back-Off-Fensters größer oder gleich vier ist (die Stammlänge der Belegung). Dies bedeutet, dass vier Belegungsschlitze seit dem Ausstrahlen des letzten Back-Off-Fensters aufgetreten sind. Im Schritt **148** prüft der FCR den Kollisionszähler, um festzustellen wie viele Kollisionen aufgetreten sind. Falls es keine Kollisionen gegeben hat, dekrementiert der FCR die Größe des Back-Off-Fensters mit 1 (Schritt **150**) und strahlt das kleinere Back-Off-Fenster aus (Schritt **200**). Falls eine einzelne Kollision aufgetreten ist (Schritt **152**), wird das Back-Off-Fenster nicht verändert und wird erneut ausgestrahlt (Schritt **200**). Falls schließlich mehr als eine Kollision auftritt, wird das Back-Off-Fenster mit 1 inkrementiert (Schritt **154**) und ausgestrahlt (Schritt **200**).

[0065] [Fig. 6](#) ist ein Ablaufdiagramm, welches den

FCR vom Standpunkt einer der mehreren drahtlosen Vorrichtungen **14** illustriert. Im Schritt **300** empfängt eine drahtlose Vorrichtung **14** ein Back-Off-Fenster. Im Schritt **302** beginnt die drahtlose Vorrichtung **14** auf einen Belegungsschlitz (Zugriff auf den Kanal) zu warten. Falls ein Belegungsschlitz gewünscht ist, setzt die drahtlose Vorrichtung **14** das Warten fort, bis ein Schlitz eintrifft (Schritt **306**). Wenn der Belegungsschlitz einmal eingetroffen ist, fährt der FCR mit Schritt **308** fort. Im Schritt **308** wählt die drahtlose Vorrichtung **14** zufällig eine Zahl (k) zwischen eins und der Größe des Back-Off-Fensters aus. Wenn die Größe des Back-Off-Fensters beispielsweise zwei ist, dann wird die Zufallsauswahl entweder eins oder zwei sein. Die Zufallszahl identifiziert welche der anstehenden Belegungsschlitze der drahtlosen Vorrichtung **14** verwendet werden, um eine andere Belegung zu versuchen. Im Schritt **310** bestimmt der FCR ob die im Schritt **308** ausgewählte Zufallszahl größer als vier ist (die Stammlänge der Belegung). Falls die Zufallszahl größer als vier ist, wird die drahtlose Vorrichtung **14** keine Belegung versuchen, sondern auf das nächste Back-Off-Fenster warten (Schritt **312**). Wenn das neue Back-Off-Fenster eintrifft (Schritt **314**), kehrt die drahtlose Vorrichtung **14** zu Schritt **300** zurück.

[0066] Falls die im Schritt **310** ausgewählte Zufallszahl kleiner als vier ist, fährt der FCR dann mit Schritt **316** fort, und die drahtlose Vorrichtung **14** wartet auf den Belegungsschlitz, welcher der zufällig ausgewählten Zahl entspricht (Schritt **318**). Wenn der zufällig ausgewählte Belegungsschlitz eintrifft, versucht die drahtlose Vorrichtung **14** eine Belegung im Belegungsschlitz zu erzeugen (Schritt **320**). Die Belegung ist erfolgreich, wenn die drahtlose Vorrichtung **14** die einzige Vorrichtung ist, welche eine Belegung in dem bestimmten Belegungsschlitz versucht. Die Belegung scheitert jedoch, und es tritt eine Kollision auf, falls zwei oder mehr drahtlose Vorrichtungen **14** eine Belegung im gleichen Belegungsschlitz versuchen. Falls die Belegung erfolgreich ist, wird der drahtlosen Vorrichtung **14** Kanalbandbreite für eine Datenübertragung zugeteilt (Schritt **324**). Wenn die Zuteilung einmal ausgeführt ist, überträgt die drahtlose Vorrichtung **14** die Daten in der Warteschlange. Wenn die Datenübertragung beendet ist, endet der FCR bis zur nächsten Kollision (Schritt **326**). Falls der FCR im Schritt **322** feststellt, dass der Belegungsversuch des Schritts **320** gescheitert ist, fährt die drahtlose Vorrichtung **14** mit Schritt **312** fort und wartet auf das nächste Back-Off-Fenster.

[0067] Die Vorrichtung und das Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung stellen einen Back-Off-Algorithmus bereit, welcher auf viele Weisen den anderen in der Technik bekannten Back-Off-Algorithmen überlegen ist. Anders als Baum- und p-Persistenz-Algorithmen erfordert der FCR nicht, dass das Netzwerk volle Kenntnis über die drei möglichen Status

(Untätigkeit, Kollision, Erfolg) für jeden Kanal im Netzwerk aufweist. Als ein Ergebnis kann der FCR mit relativer Leichtigkeit und geringen Kosten implementiert werden und ist für eine Implementierung auf Netzwerken verfügbar, welche nicht die Rückmeldung bereitstellen, welche von den Baum- und p-Persistenz-Algorithmen erfordert wird.

[0068] Der FCR weist auch gegenüber dem BEB Vorteile auf. Das Schaubild in [Fig. 7](#) vergleicht die durchschnittliche Paketverzögerung beim FCR und beim BEB. Eine Ankunftszeit, wie sie hier verwendet wird, misst, wie oft aktive Teilnehmer Belegungen versuchen. Eine niedrige Ankunftszeit bedeutet, dass aktive Teilnehmer aggressiv Kanalbetriebsmittel suchen und als ein Ergebnis wenige Belegungsschlitze ohne einen Belegungsversuch passieren. Im Gegensatz dazu bedeutet eine höhere Ankunftszeit, dass aktive Teilnehmer nicht so oft Belegungen versuchen und eine relativ größere Anzahl von Belegungsschlitzen zwischen Belegungsversuchen passiert.

[0069] [Fig. 7](#) zeigt, dass der FCR unter den meisten Verkehrsstrukturen und Systembelastungen eine kleinere durchschnittliche Paketverzögerung aufweist. Die einzige Ausnahme tritt auf, wenn es wenige aktive Teilnehmer auf dem System ($4 \leq U \leq 64$) gibt und die wenigen Teilnehmer, welche aktiv sind, aggressiv Bandbreite belegen (durchschnittliche Ankunftszeit = 2 Schlitze). Unter diesen einschränkenden Bedingungen scheint der BEB eine niedrigere durchschnittliche Paketverzögerung als der FCR aufzuweisen. Die erfolgreichen Übertragungen, welche beim BEB unter diesen Bedingungen auftreten, werden jedoch vom Mitnahmeeffekt beherrscht. Was bei diesen Bedingungen passiert ist, dass wenige Teilnehmer mit wenig Kollision übertragen und viel mehr Teilnehmer ansteigende Back-Off-Fenstergrößen erfahren.

[0070] [Fig. 7](#) zeigt auch, dass der Unterschied bei der durchschnittlichen Paketverzögerung zwischen dem FCR und dem BEB mit einer Steigerung der Anzahl aktiver Teilnehmer ansteigt. Der Nutzen des FCR beim Leistungsvermögen steigt folglich mit dem Ansteigen der Anzahl aktiver Teilnehmer an. Wenn es beispielsweise 1024 Teilnehmer gibt, beträgt die schlechteste durchschnittliche Paketverzögerung des FCR 2780 Schlitze, während der beste Fall beim BEB 6177 Schlitze beträgt.

[0071] [Fig. 8](#) zeigt die Unterschiede der Standardabweichung der Verzögerung zwischen dem FCR und dem BEB. Eine Standardabweichung der Verzögerung bestimmt, wie gerecht das System die Kanalbandbreite zwischen aktiven Teilnehmern verteilt. Eine kleine Standardabweichung der Verzögerung unterstellt, dass Pakete ungefähr die gleiche Zeitspanne warten, bevor sie erfolgreich übertragen werden, und deshalb wird Bandbreite unter den konkur-

rierenden Teilnehmern in einer gerechteren Weise aufgeteilt. Eine große Standardabweichung der Verzögerung unterstellt andererseits, dass Bandbreite nicht gleichmäßig auf die konkurrierenden Teilnehmer aufgeteilt wird. Wenn ein Mitnahmeeffekt vorliegt, tritt folglich eine große Standardabweichung auf, da manche der Pakete mit einer kleinen Kollisionswahrscheinlichkeit übertragen werden, während andere Pakete zunehmend größere Back-Off-Fenster und eine niedrigere Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Übertragung aufweisen.

[0072] Wie oben unter Bezugnahme auf [Fig. 7](#) diskutiert, zeigen Simulationen, dass FCB unter fast allen Systembedingungen eine niedrigere durchschnittliche Paketverzögerung als der BEB aufweist. Die einzige Ausnahme tritt auf, wenn es eine kleine Anzahl aktiver Teilnehmer gibt, welche aggressiv um Bandbreite konkurrieren. [Fig. 8](#) enthüllt den Grund für eine niedrigere durchschnittliche Paketverzögerung beim BEB unter diesen bestimmten Bedingungen. Wenn es wenige Teilnehmer gibt, welche aggressiv um Bandbreite konkurrieren, weist der BEB eine sehr große Standardabweichung der Verzögerung auf. Dies bedeutet, dass die niedrigere durchschnittliche Paketverzögerung unter diesen einschränkenden Bedingungen das Ergebnis eines Mitnahmeeffekts ist. Die Figur zeigt, dass unter diesen gleichen Bedingungen der FCR eine viel niedrigere Standardabweichung der Verzögerung als der BEB aufweist und deshalb keinen Mitnahmeeffekt erfährt. [Fig. 8](#) zeigt weiterhin, dass der FCR mit einem Ansteigen der Anzahl aktiver Teilnehmer weiterhin eine niedrigere Standardabweichung der Verzögerung aufweist und der FCR deshalb durchweg die Systembetriebsmittel in einer deutlich gerechteren Weise aufteilt.

[0073] [Fig. 9](#) vergleicht einen Durchsatz für den FCR und den BEB. Diese Figur zeigt, dass ein Mitnahmeeffekt bewirkt, dass der BEB einen viel größeren Durchsatz im eingeschränkten Zustand aufweist, wo es wenige aktive Teilnehmer gibt, welche aggressiv Bandbreite belegen.

[0074] In allen anderen Fällen weist der FCR einen größeren Durchsatz als der BEB auf, oder der Unterschied ist vernachlässigbar. Bemerkenswerterweise hält der FCR unabhängig von der Anzahl aktiver Teilnehmer auf dem Netzwerk einen Durchsatz von $1/e \sim 0,3679$ ein.

[0075] In der Schlussfolgerung der ausführlichen Beschreibung sollte angemerkt werden, dass es Durchschnittsfachleuten offensichtlich ist, dass viele Änderungen und Modifikationen an der bevorzugten Ausführungsform vorgenommen werden können, ohne wesentlich von den Prinzipien der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Derartige Änderungen und Modifikationen sind hier als innerhalb des Schutzzum-

fangs der vorliegenden Erfindung, wie in den angefügten Ansprüchen dargelegt, eingeschlossen vorgehen. Ferner sind in den hier nachfolgenden Ansprüchen die Strukturen, Materialien, Handlungen und Äquivalente aller Mittel oder Schritt- plus Funktionselemente gedacht, dass sie alle Strukturen, Materialien oder Handlungen zum Durchführen ihrer aufgeführten Funktionen umfassen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Datenkonfliktauflösung in einem gemeinsam genutzten Netzwerk, das Verfahren DURCH FOLGENDE SCHRITTE GEKENNZEICHNET:

Senden eines gemeinsamen Back-Off-Fensters an mehrere Teilnehmer des Netzwerks; und Neuberechnen neuer Back-Off-Fenster gemäß einer oder mehrerer Betriebseigenschaften des Netzwerks und Senden der neuen Back-Off-Fenster an mindestens einige der mehreren Teilnehmer, um den Durchsatz des Netzwerks zu erhöhen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des dynamischen Neuberechnens und Sendens neuer Back-Off-Fenster ein Berechnen der Back-Off-Fenster umfasst, um eine relativ konstante Kollisionsrate einzuhalten.

3. Verfahren nach Anspruch 2, weiterhin umfassend den Schritt des Abschätzens der Kollisionsrate auf der Grundlage des Status mindestens eines Belegungsschlitzes.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des dynamischen Neuberechnens und Sendens neuer Back-Off-Fenster ein Berechnen der Back-Off-Fenster umfasst, um eine relativ konstante Kollisionsrate von $1-2/e$ einzuhalten.

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des dynamischen Neuberechnens und Sendens neuer Back-Off-Fenster ein Berechnen der Back-Off-Fenster umfasst, um eine relativ konstante Kollisionsrate zwischen ungefähr 0,2 und 0,4 einzuhalten.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des dynamischen Neuberechnens und Sendens neuer Back-Off-Fenster ein Berechnen der Back-Off-Fenster auf der Grundlage einer Anzahl von Teilnehmern im Netzwerk umfasst.

7. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des dynamischen Neuberechnens und Sendens neuer Back-Off-Fenster ein Berechnen der Back-Off-Fenster umfasst, um das Back-Off-Fenster ungefähr gleich einer Anzahl von Teilnehmern einzuhalten.

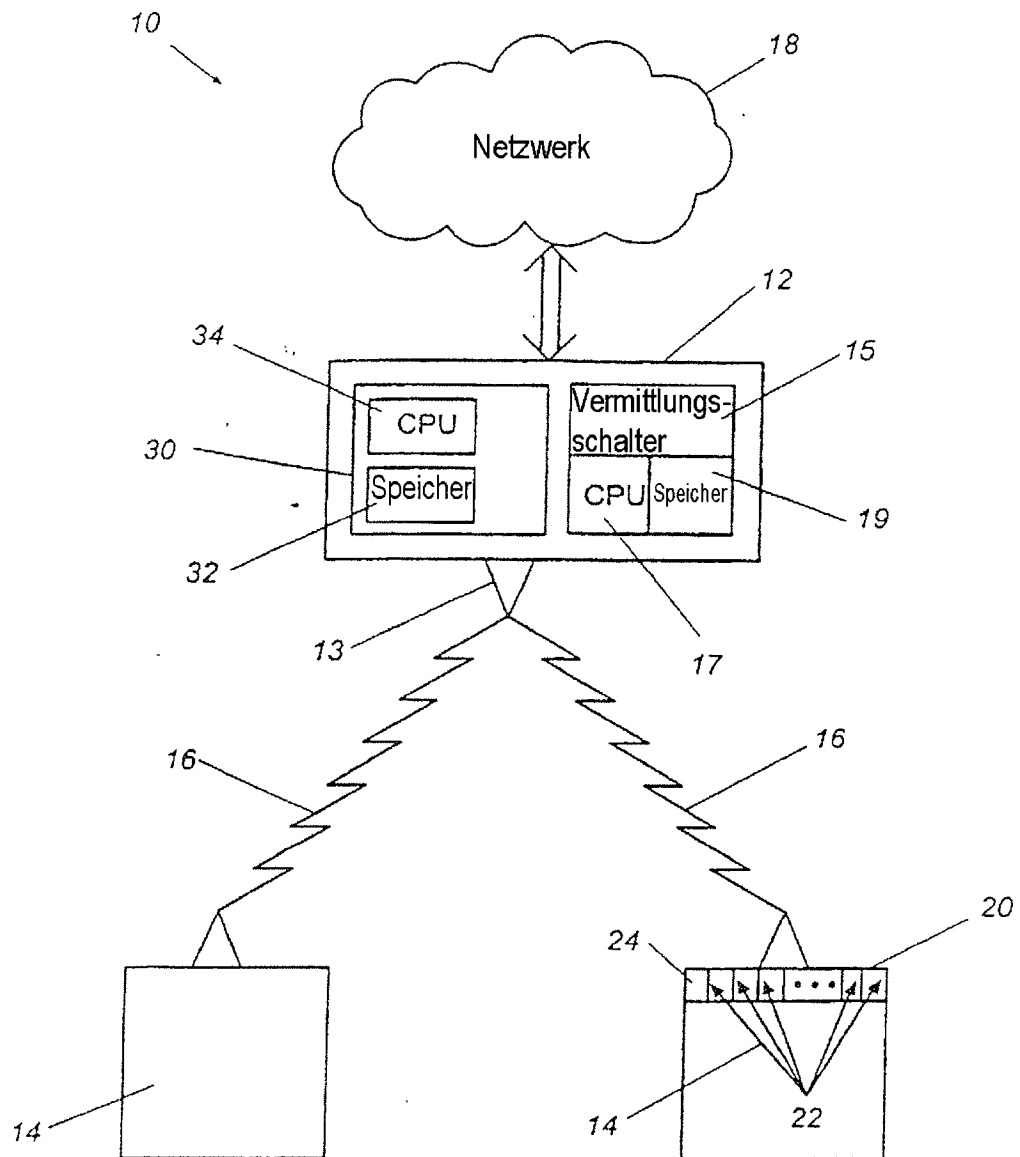
8. System zur Datenkollisionsauflösung in einem gemeinsam genutzten Netzwerk, GEKENNZEICHNET DURCH:

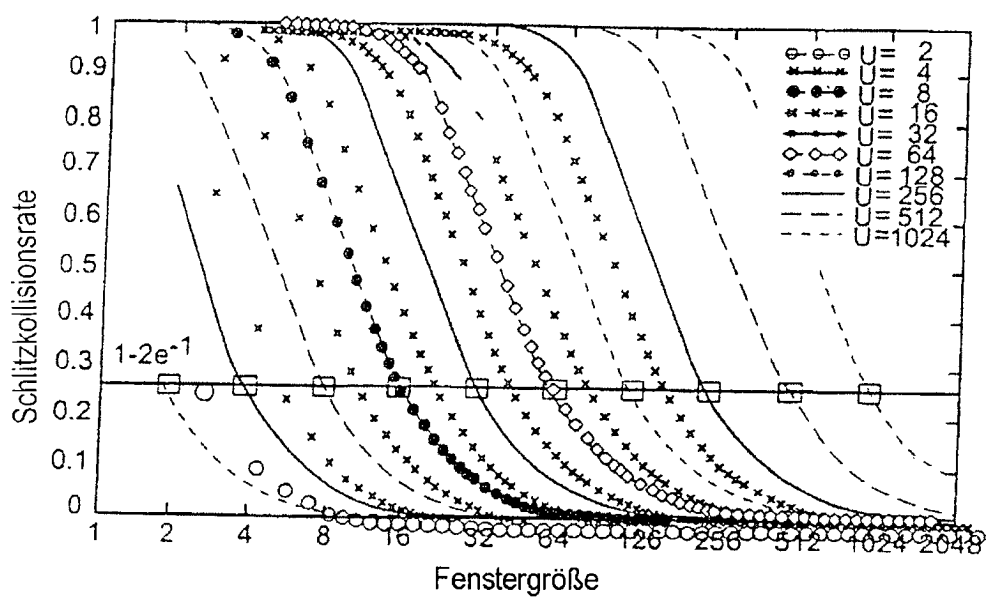
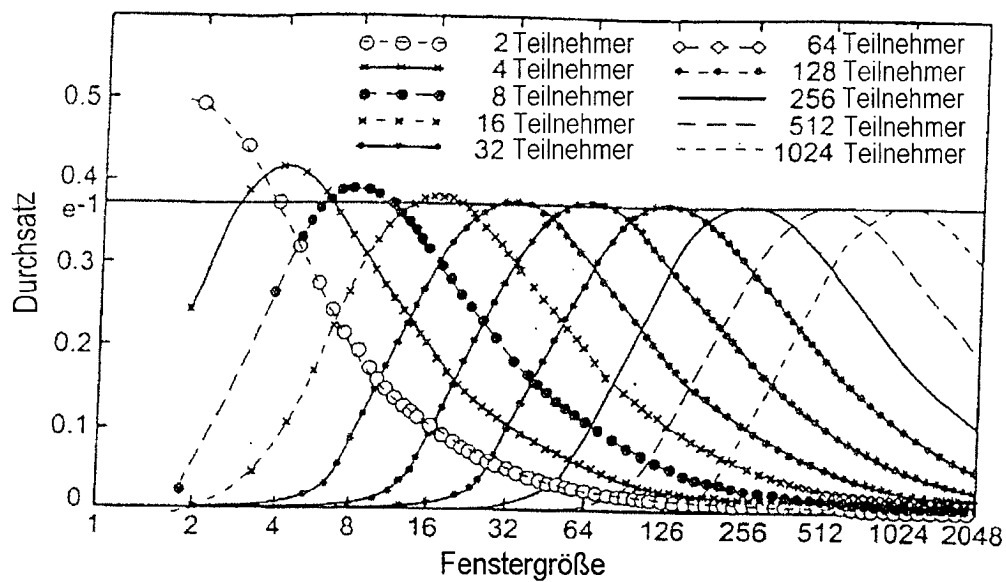
mehrere entfernte Vorrichtungen; und einen Zugangspunkt, welcher mit den mehreren entfernten Vorrichtungen verbunden ist, wobei der Zugangspunkt weiterhin Folgendes umfasst: einen Vermittlungsschalter zur Kommunikation mit den mehreren entfernten Vorrichtungen; einen Sendeempfänger zum Senden von Informationen an die und zum Empfangen von Informationen von den mehreren entfernten Vorrichtungen; und eine Kollisionsauflösungsvorrichtung, welche ein anfängliches Back-Off-Fenster berechnet, welches an die mehreren entfernten Vorrichtungen gesendet werden soll, und ein Back-Off-Fenster dynamisch auf der Grundlage einer oder mehrerer Netzwerkeigenschaften einstellt, um eine relativ konstante Kollisionsrate einzuhalten.

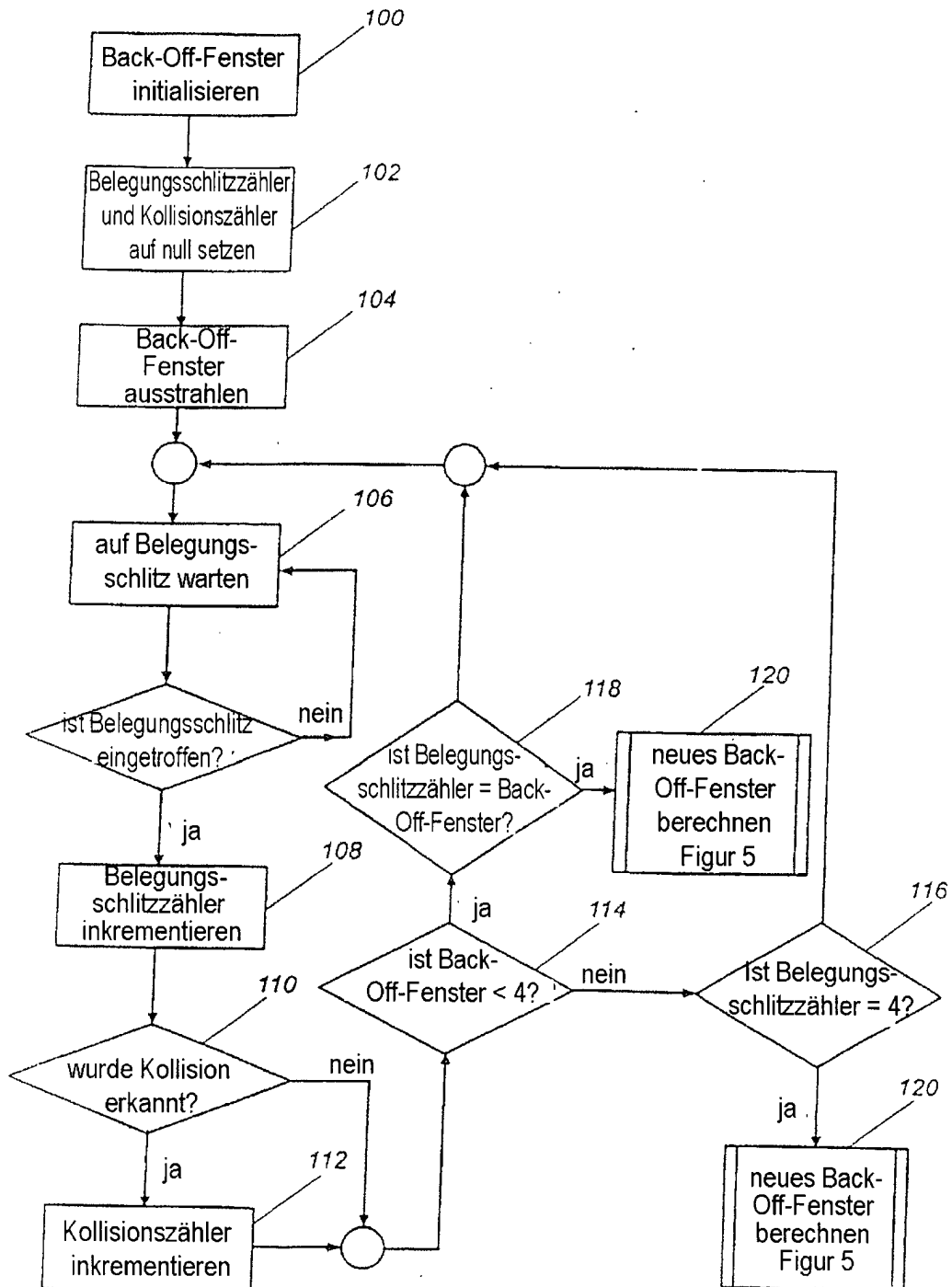
9. System nach Anspruch 8, wobei die Kollisionsauflösungsvorrichtung angepasst ist, um das Back-Off-Fenster dynamisch einzustellen, um eine relativ konstante Kollisionsrate von ungefähr $1-2/e$ einzuhalten.

10. System nach Anspruch 8, wobei die Kollisionsauflösungsvorrichtung angepasst ist, um die Kollisionsrate des Netzwerks aus einem Status von Belegungsschlitzes abzuschätzen.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

**Fig. 1**



**Fig. 4**

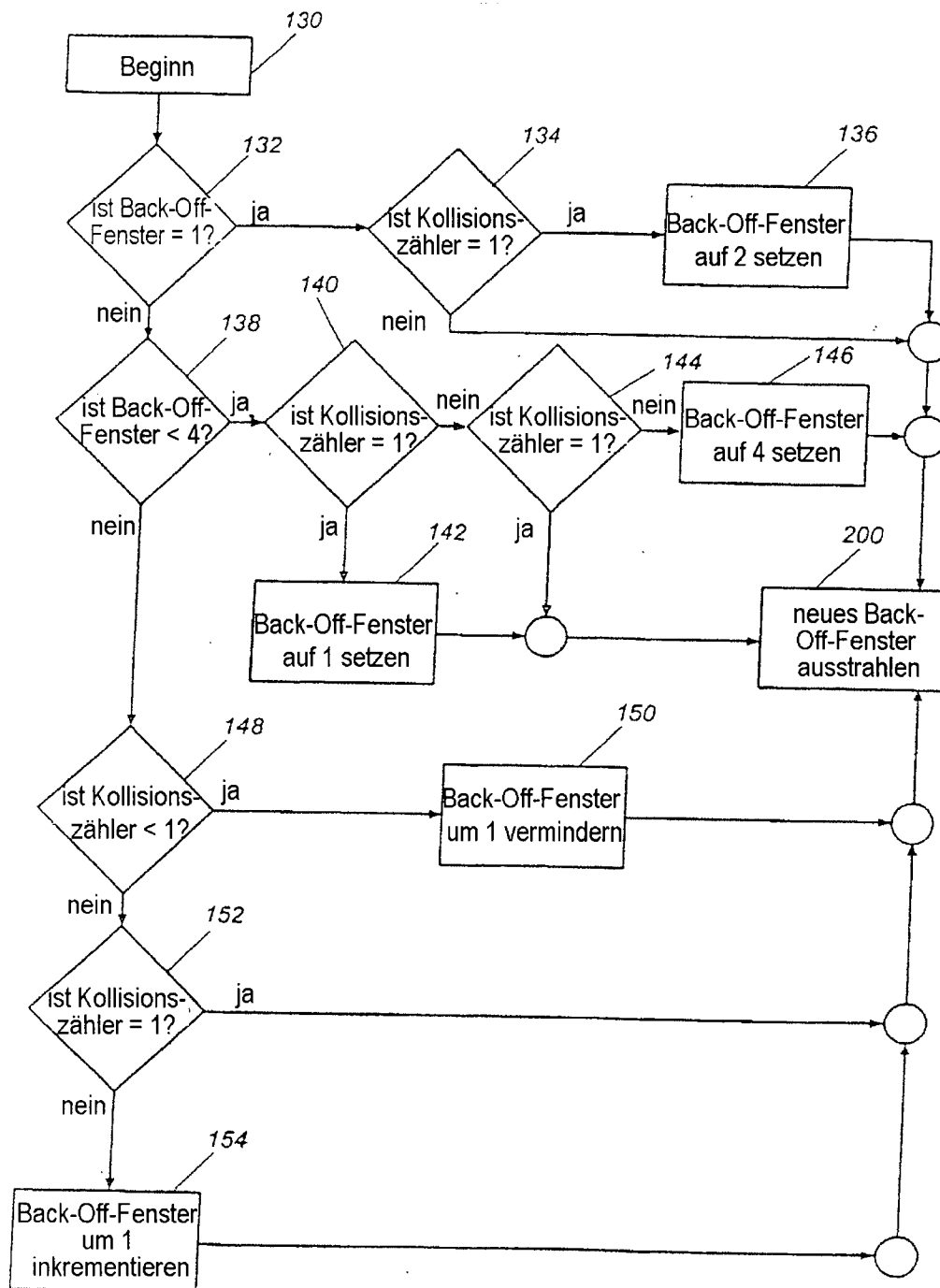
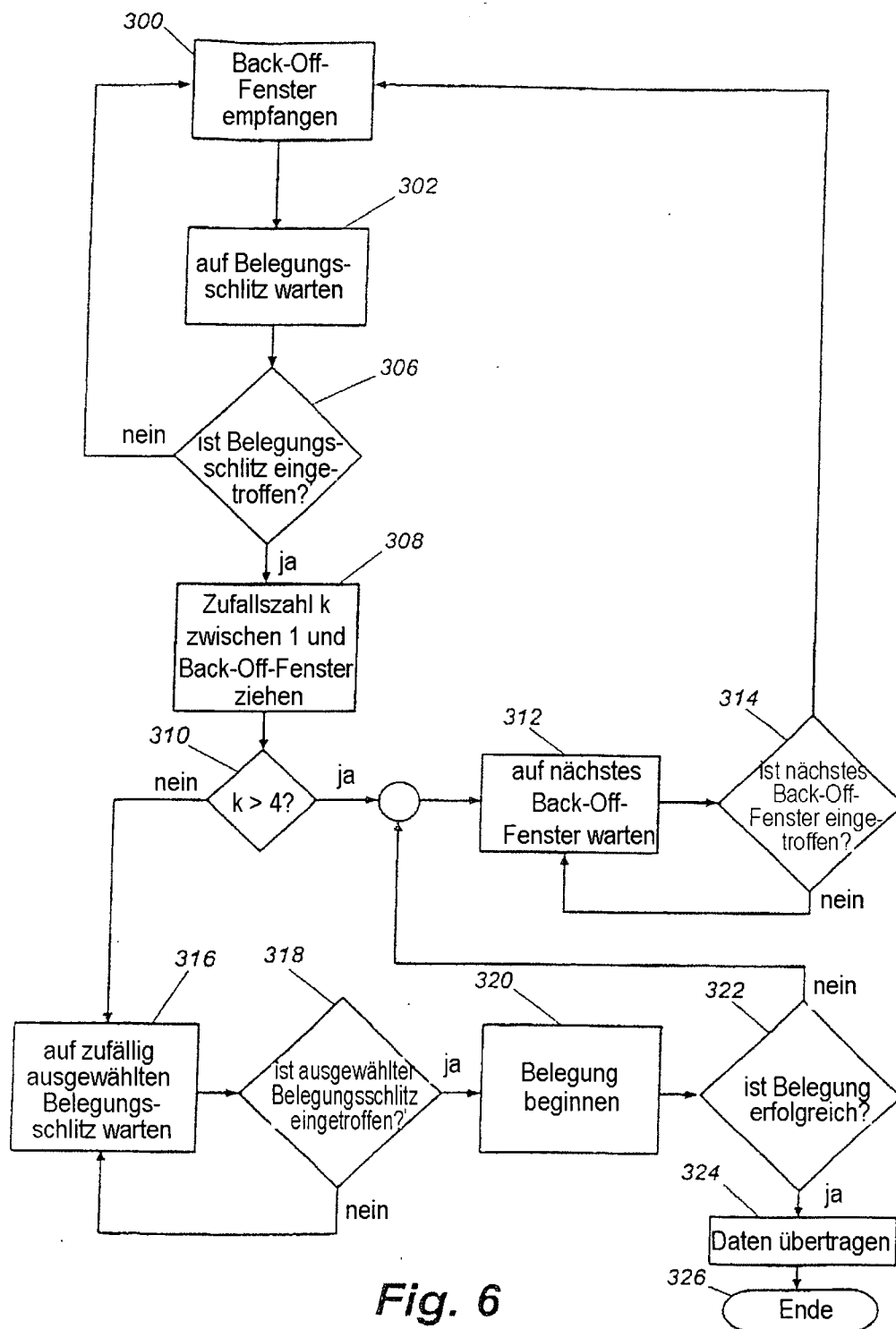
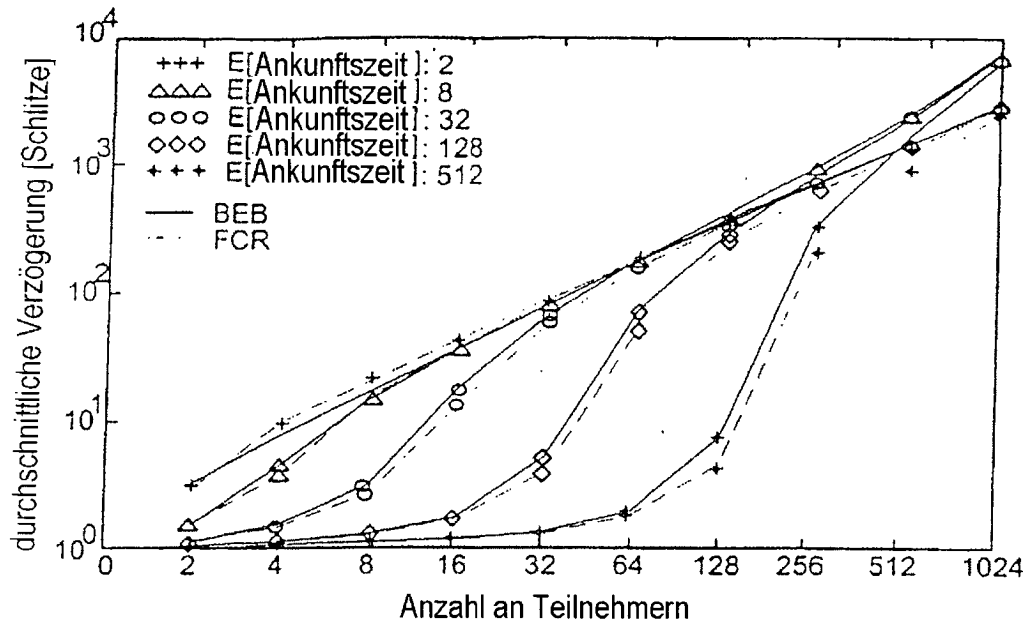
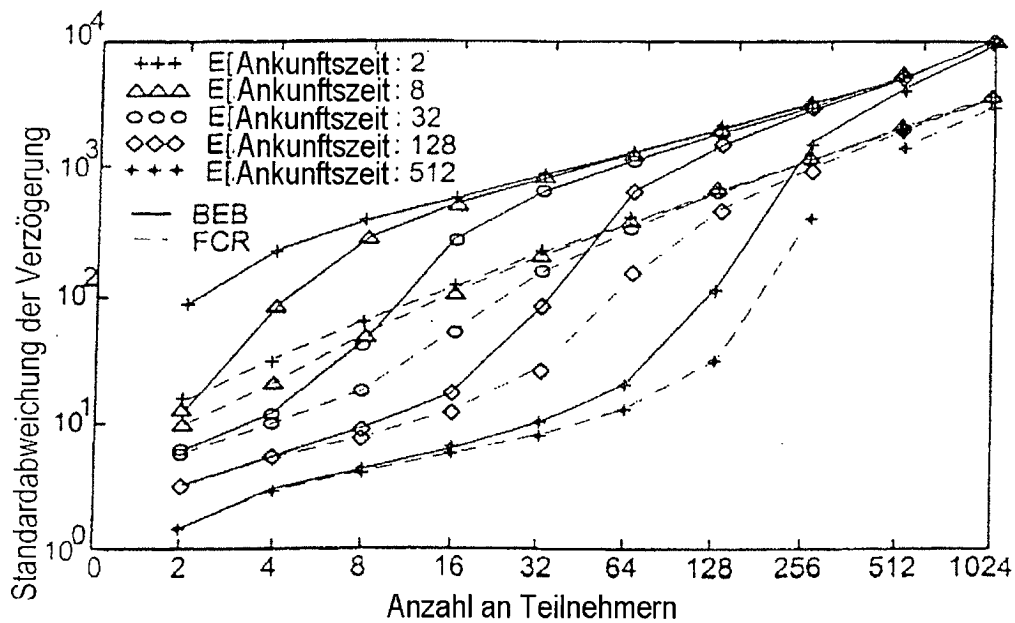


Fig. 5

**Fig. 6**

**Fig. 7****Fig. 8**

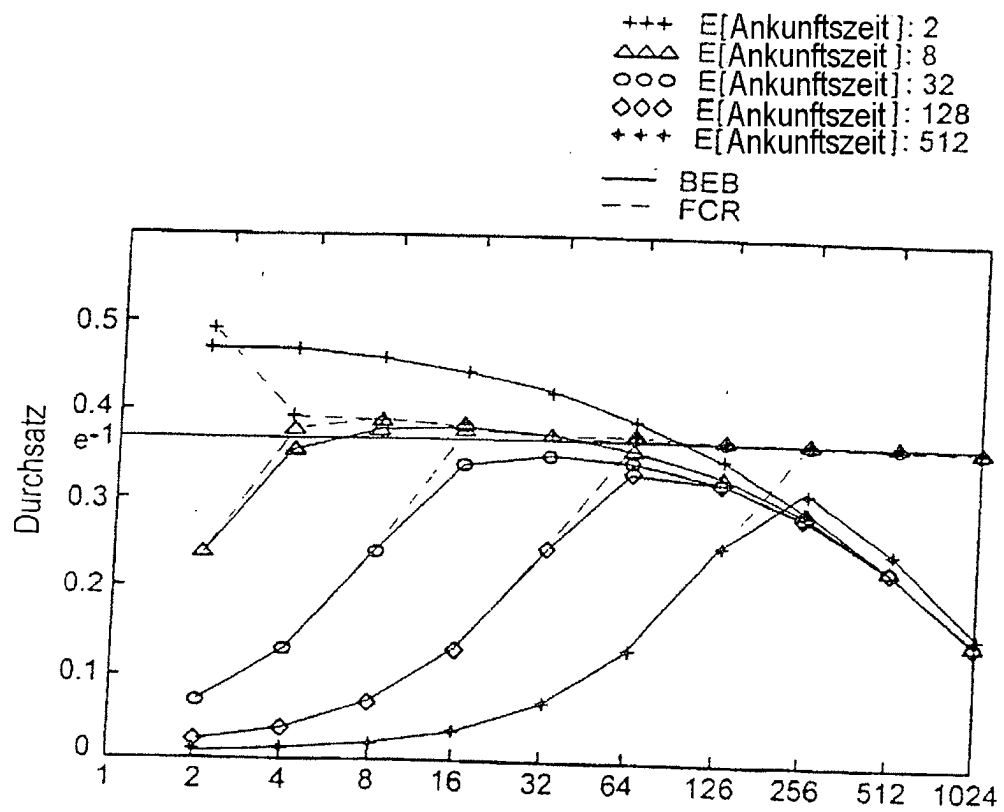


Fig. 9