

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
20. September 2007 (20.09.2007)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2007/104424 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
H04L 12/56 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2007/001682

(22) Internationales Anmeldedatum:
27. Februar 2007 (27.02.2007)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2006 011 259.8 10. März 2006 (10.03.2006) DE
10 2006 014 308.6 28. März 2006 (28.03.2006) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ROHDE & SCHWARZ GMBH & CO. KG**
[DE/DE]; Mühldorfstrasse 15, 81671 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **LANGGUTH, Torsten**
[DE/DE]; Truderinger Strasse 63, 82008 Unterhaching

(DE). **SCHÖBER, Henrik** [DE/DE]; Unteranger 48,
85457 Wörth (DE). **NICOLAY, Thomas** [DE/DE];
Spicherenstr. 12, 81667 München (DE).

(74) Anwalt: **KÖRFER, Thomas**; Mitscherlich & Partner,
Sonnenstrasse 33, 80331 München (DE).

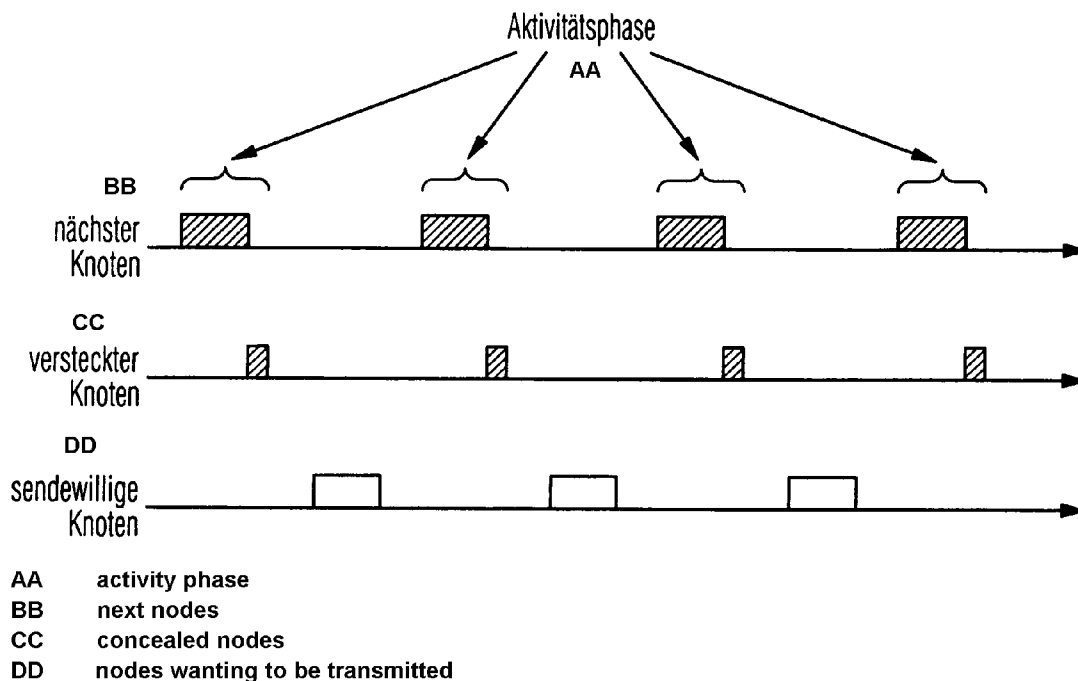
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ,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

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR MULTI-HOP DATA TRANSMISSION IN AN AD-HOC NETWORK COMPRISING CONCEALED NODES

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR MULTI-HOP-DATENÜBERTRAGUNG IN EINEM AD-HOC- NETZ MIT VERSTECKTEN KNOTEN



(57) Abstract: In a method for multi-hop data transmission in an ad-hoc network comprising concealed nodes, one node with transmission intent determines the probability of a collision-free transmission of data to the following nodes and if a high probability of collision-free transmission of data, transmits a user data packet to said following node, without co-ordinating the detection of the following node with the concealed nodes located in the vicinity of the following node in relation to the transmission of data to said following node.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2007/104424 A2



GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

(57) Zusammenfassung: Bei einem Verfahren zur Multi-Hop-Datenübertragung in einem ad-hoc-Netz mit versteckten Knoten ermittelt ein Knoten mit Sendeabsicht die Wahrscheinlichkeit für eine kollisionsfreie Datenübertragung zum nächsten Knoten und überträgt bei einer hohen Wahrscheinlichkeit für eine kollisionsfreie Datenübertragung ein Nutzdaten-Paket zum nächsten Knoten, ohne sich über den nächsten Knoten mit in der Umgebung des nächsten Knotens befindlichen versteckten Knoten bezüglich der Datenübertragung zum nächsten Knoten abzustimmen.

Verfahren zur Multi-Hop-Datenübertragung in einem ad-hoc-Netz mit versteckten Knoten

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Multi-Hop-
5 Datenübertragung in einem ad-hoc-Netz mit versteckten Knoten.

Ein mobiles ad-hoc-Netz (MANET) besteht aus einer Menge von Funkgeräten, die dynamisch ein temporäres Netz bilden,
10 in dem jedes Funkgerät als Router für die jeweils anderen Funkgeräte dient und somit keine zentrale Infrastruktur benötigt wird.

Ein wichtiger Punkt bei MANETs ist die Koordination des
15 Zugriffs auf die gemeinsam genutzte Übertragungsressource. Es darf jeweils nur ein Gerät senden, da sonst Kollisionen auftreten, die zum Verlust der gesendeten Informationen führen.

20 Ein Medium-Access-Control (MAC)-Protokoll koordiniert den Zugriff und definiert, wie die Funkgeräte die begrenzte Übertragungsressource effizient und fair teilen können. Gerade im ad-hoc-Bereich sind MAC-Verfahren sehr weit verbreitet, die die Koordination des Kanalzugriffs auf der
25 Basis von Informationen über die Kanalbelegung vornehmen. Solche Verfahren werden unter dem Begriff Carrier-Sensing-Multiple-Access (CSMA) zusammengefaßt. Ein weit verbreitetes WLAN-Verfahren IEEE 802.11 basiert auf CSMA.

30 Bei CSMA-Verfahren überwachen alle sendewilligen Stationen das Medium. Wenn das Medium bereits belegt ist, warten die sendewilligen Stationen. Wenn das Medium nicht belegt ist, dürfen sendewillige Stationen das Medium belegen und senden. Zur Vermeidung von Kollisionen am Ende einer
35 Übertragung kann der Kanalzugriff durch eine zufällige Wartezeit gesteuert werden. Verschiedene Stationen haben am Ende einer Übertragung unterschiedliche Wartezeiten, so dass eine Station das Medium zuerst belegt. Die anderen Stationen erkennen dies durch die Kanalüberwachung und

treten vom Sendewunsch bis zum Ende der aktuellen Übertragung zurück. Das Medium wird als belegt betrachtet, wenn die empfangene Signalstärke über einem bestimmten Schwellenwert liegt.

5

MANETs haben dynamische, manchmal eine sich schnell ändernde, zufällige Topologie. Die Funkgeräte kommunizieren direkt mit ihrem benachbarten Funkgeräten (benachbarte Knoten), wenn diese innerhalb der Reichweite sind oder über mehrere Zwischenknoten dienende Funkgeräte (Multi-Hop), die die Informationen an den Ziel-Funkgerät (Zielknoten) weiterleiten. Aufgrund der dezentralen Struktur sind solche Netze sehr robust, erfordern jedoch eine eigenständige Kontrolle und Koordination durch die einzelnen Netzknoten.

Für einen Multi-Hop-Betrieb hält jeder Funkknoten eine Routing-Tabelle mit der Topologie aller beteiligter Funkknoten vor. Diese Routing-Tabellen wird mittels Datenaustausch mit den benachbarten Funkknoten beim proaktiven Routing in einem bestimmten Zeitraster und bei reaktiven Routing nur zu den Zeitpunkten des Nutzdatenaustauschs mit den benachbarten Funkknoten aktualisiert. Findet der Quellknoten den Zielknoten in der Routing-Tabelle, so wird das zu übertragende Datenpaket vom sendewilligen Funkknoten über den Routing-Pfad aller bekannten Zwischenknoten zum Zielknoten übertragen.

Zu einer Netzblockade kann es kommen, wenn gemäß Fig. 1 zwei Knoten, in deren Reichweite der jeweils andere Knoten nicht enthalten ist, einen identischen Knoten aufweisen, der innerhalb ihrer Reichweite liegt. Beabsichtigen die beiden Knoten mit ihrem identischen Knoten zur selben Zeit zu kommunizieren, so kollidieren ihre jeweiligen Signale, das durch das CSMA-Verfahren aufgrund fehlender Koordination der beiden Knoten nicht verhindert werden kann. Die Leistungsfähigkeit des mobilen ad-hoc-Netzes wird durch eine derartige Netzblockade reduziert. Da die beiden sendenden Knoten jeweils außerhalb der Reichweite

des anderen Knotens liegen, stellen sie jeweils versteckte Knoten für den jeweils anderen Knoten dar.

Die Identifizierung derartiger versteckter Knoten in einem
5 MANET stellt deshalb eine wichtige Maßnahme zur Steigerung der Leistungsfähigkeit des mobilen ad-hoc-Netzes dar.

Zur Vermeidung von Kollisionen der versteckten Knoten wird häufig das RTS-CTS-Verfahren gemäß Fig. 2 verwendet. Dabei
10 überträgt ein Sender zuerst eine kurze Nachricht (RTS), mit der die Übertragung bekannt gemacht wird. Der Empfänger antwortet ebenfalls mit einer kurzen Nachricht (CTS). Danach erfolgt die eigentliche Nutzdaten-
übertragung. Durch die RTS- und CTS-Nachrichten werden
15 alle Stationen in der Reichweite des Senders und Empfängers über die Übertragung informiert. Die anderen Stationen dürfen während der Übertragung selbst nicht senden, um Kollisionen zu vermeiden.

20 Die Übertragung der RTS- und CTS-Nachrichten verbraucht Übertragungskapazität, die für die Übertragung von Nutzdaten-Paketen nicht zur Verfügung steht. Besonders bei der Übertragung von kleinen Nutzdaten-Paketen wirkt sich die Übertragung von RTS- und CTS-Nachrichten signifikant
25 negativ aus. Insofern wird das RTS-CTS-Verfahren erst ab einer bestimmten Nutzdatenpaketgröße eingesetzt.

Aus der WO 03/079708 A1 geht ein Verfahren zur Identifizierung eines versteckten Knotens hervor. Hierbei
30 wird von einem sendewilligen Knoten eine Kontrollnachricht an einen benachbarten Knoten, in dessen Umgebung sich ein für den sendewilligen Knoten versteckter Knoten befindet, gesendet und schließlich vom benachbarten Knoten an den versteckten Knoten weitergereicht, der über den
35 benachbarten Knoten eine Quittierungsnachricht an den sendewilligen Knoten zurücksendet. Diese Quittierungsnachricht dient dem sendewilligen Knoten als Indikator für die Existenz eines in der Umgebung des benachbarten Knotens befindlichen versteckten Knotens.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Multi-Hop-Datenübertragung in einem ad-hoc-Netz mit versteckten Knoten zu schaffen, das Kollisionen mit Nutzdaten-Paketen von versteckten Knoten vermeidet und gleichzeitig die Effizienz des Übertragungskanals verbessert.

Die Aufgabe wird durch den Gegenstand des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Multi-Hop-Datenübertragung in einem ad-hoc-Netz mit versteckten Knoten mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

Erfindungsgemäß wird im Falle einer Datenübertragungsabsicht eines Knotens im ad-hoc-Netz von diesem die Wahrscheinlichkeit einer kollisionsfreien Datenübertragung ermittelt und im Fall einer hohen Wahrscheinlichkeit einer kollisionsfreien Übertragung die Datenübertragung durchgeführt, ohne einen Abstimmungsprozeß über die Übertragungskanalzuweisung mit den in der Umgebung des nächsten Knotens befindlichen versteckten Knoten durchzuführen.

Lediglich im Fall einer geringen Wahrscheinlichkeit einer kollisionsfreien Übertragung wird ein Abstimmungsprozeß über die Übertragungskanalzuweisung mit den in der Umgebung des nächsten Knoten befindlichen versteckten Knoten, beispielsweise über ein RTS-CTS-Verfahren, durchgeführt.

Auf diese Weise wird der Übertragungskanal mit einer minimierten Anzahl von Abstimmungsprozessen zwischen sendewilligen Knoten und den in der Umgebung des nächsten Knoten befindlichen versteckten Knoten im Vergleich zu Verfahren des Stand der Technik belegt, woraus eine höhere Effizienz des Übertragungskanals resultiert.

Zur Ermittlung der Wahrscheinlichkeit einer kollisionsfreien Übertragung ermittelt der sendewillige

Knoten die Anzahl von versteckten Knoten, die in der Umgebung des im Routing-Pfad seiner Datenübertragung nächst gelegenen Knoten liegt. Hierzu kann er entsprechend der WO 03/088587 A1 vorab die für das Routing mit seinen
5 benachbarten Knoten ausgetauschten Routing-Informationen auswerten, ohne zusätzliche Übertragungskapazität für die Identifizierung von versteckten Knoten zu verschwenden.

Je höher die Anzahl von identifizierten versteckten Knoten
10 in der Umgebung des nächsten Knotens im Routing-Pfad ist, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit von auftretenden Kollisionen. Zusätzlich kann zur Ermittlung der Wahrscheinlichkeit einer kollisionsfreien Übertragung das durchschnittliche Übertragungsvolumen zwischen dem
15 nächsten Knoten und jedem in seiner Umgebung befindlichen versteckten Knoten vom sendewilligen Knoten bestimmt werden. Hierzu wird die Paketgröße, der Datentyp und/oder die Dienstklasse jedes zwischen dem nächsten Knoten und den in seiner Umgebung befindlichen versteckten Knoten
20 übertragenen Nutzdaten-Pakets erfasst und statistisch ausgewertet.

Eine Auswertung des durchschnittlichen Übertragungsvolumens zwischen dem nächsten Knoten und jedem in seiner
25 Umgebung befindlichen versteckten Knotens über der Zeit ermöglicht insbesondere bei periodischen Datenübertragungsverhalten die Identifizierung von Zeiten mit einer hohen Wahrscheinlichkeit für eine kollisionsfreie Datenübertragung.

30

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Multi-Hop-Datenübertragung in einem ad-hoc-Netz mit versteckten Knoten wird im folgenden anhand der Zeichnung im Detail erläutert. Die Figuren der Zeichnung zeigen:

35

Fig. 1 eine Darstellung der räumlichen Verteilung von sendenden, benachbarten und versteckten Knoten,

- Fig. 2 eine Darstellung des Datenaustauschs in einem RTS-CTS-Verfahren,
- Fig. 3 ein Flußdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Multi-Hop-Datenübertragung in einem ad-hoc-Netz mit versteckten Knoten,
- Fig. 4 ein Zeitdiagramm einer typischen Belegung des Übertragungskanals in einem ad-hoc-Netz und
- Fig. 5 ein Blockschaltbild des erfindungsgemäßen Systems zur Multi-Hop-Datenübertragung in einem ad-hoc-Netz mit versteckten Knoten.

Im folgenden wird das erfindungsgemäße Verfahren zur Multi-Hop-Datenübertragung in einem ad-hoc-Netz mit versteckten Knoten anhand der Fig. 3 im Detail erläutert.

Im ersten Verfahrensschritt S10 wird von einem Knoten im ad-hoc-Netz, der ein zu übertragendes Nutzdaten-Paket an einen Zielknoten zu senden hat, im Rahmen eines Routing-Verfahrens aus vorhandenen Routing-Tabellen der nächste Knoten im ad-hoc-Netz ermittelt. Hierzu kommen Routing-Verfahren nach dem Stand der Technik zur Anwendung.

Im Folgenden wird unter Quellknoten derjenige Knoten verstanden, bei welchem das Datenpaket aktuell vorliegt, während unter Zielknoten derjenige Knoten verstanden wird, dem der Quellknoten das Datenpaket zusendet.

Im nächsten Verfahrensschritt S20 ermittelt der Knoten mit Sendeabsicht anhand eines Verfahrens zur Identifizierung von versteckten Knoten in einem ad-hoc-Netz nach dem Stand der Technik, beispielsweise nach dem in der WO 03/088578 A1 beschriebenen Verfahren, in der Umgebung des nächsten Knotens befindliche versteckte Knoten. Wird durch dieses Verfahren kein versteckter Knoten in der Umgebung des

nächsten Knotens identifiziert, so ist mit keiner Kollision im Falle einer Übertragung des zu sendenden Nutzdaten-Pakets durch den Knoten mit Sendeabsicht zu rechnen und der Knoten mit Sendeabsicht kann gemäß
5 Verfahrensschritt S100 das Nutzdaten-Paket an den nächsten Knoten ohne auftretende Probleme übertragen.

Wird dagegen durch dieses Verfahren mindestens ein versteckter Knoten in der Umgebung des nächsten Knotens
10 identifiziert, so wird im nächsten Verfahrensschritt S30 ermittelt, ob die Anzahl der identifizierten versteckten Knoten einen vorgegebenen Schwellwert überschreiten. Liegt die Anzahl der identifizierten versteckten Knoten unterhalb des Schwellwertes, so kann von einer hohen
15 Wahrscheinlichkeit für eine kollisionsfreie Datenübertragung im Falle einer Übertragung des zu sendenden Nutzdaten-Pakets durch den Knoten mit Sendeabsicht ausgegangen werden und der sendewillige Knoten überträgt gemäß Verfahrensschritt S100 das
20 Nutzdaten-Paket mit einem vergleichsweise geringen Risiko auftretender Probleme an den nächsten Knoten.

Liegt dagegen die Anzahl der identifizierten versteckten Knoten oberhalb des Schwellwertes, so kann optional im
25 darauffolgenden Verfahrensschritt S40 über einen längeren Zeitraum durch Erfassung und statistische Auswertung der zwischen dem nächsten Knoten und jedes in der Umgebung des nächsten Knoten befindlichen versteckten Knotens übertragenen Nutzdaten-Pakete das durchschnittliche
30 Datenübertragungsvolumen zwischen dem nächsten Knoten und den in seiner Umgebung befindlichen versteckten Knoten ermittelt werden. Für die Bestimmung des durchschnittlichen Datenübertragungsvolumen können als Kenngrößen beispielsweise die Paketgröße, der Datentyp
35 und/oder die Dienstklasse der jeweils zwischen dem nächsten Knoten und den in der Umgebung des nächsten Knotens befindlichen versteckten Knoten übertragenen Nutzdaten-Pakete herangezogen werden.

Liegt dieses durchschnittliche Datenübertragungsvolumen unterhalb eines vorgegebenen Schwellwertes, so kann trotz Existenz einer Mindestanzahl von in der Umgebung des nächsten Knotens befindlichen versteckten Knoten von einer hohen Wahrscheinlichkeit für eine kollisionsfreie Datenübertragung ausgegangen werden. In diesem Fall kann der sendewillige Knoten in Verfahrensschritt S100 das übertragenen Nutzdaten-Paket mit einem vergleichsweise geringen Risiko auftretender Probleme an den nächsten Knoten senden.

Liegt der Anzahl der identifizierten versteckten Knoten gemäß Verfahrensschritt S30 über einem vorgegebenen Schwellwert und/oder überschreitet das durchschnittliche Datenübertragungsvolumen in Verfahrensschritt S40 einen Schwellwert, so kann optional in Verfahrensschritt S50 der zeitliche Verlauf des durchschnittlichen Datenübertragungsvolumens zwischen dem nächsten Knoten und jedem in der Umgebung des nächsten Knotens befindlichen versteckten Knotens erfasst werden. Bei periodisch anfallenden Datenübertragungsverkehr zwischen dem nächsten Knoten und den in der Umgebung des nächsten Knoten befindlichen versteckten Knoten können nämlich Zeiten mit niedrigeren durchschnittlichen Datenübertragungsvolumen und damit einer hohen Wahrscheinlichkeit für eine kollisionsfreie Datenübertragung und Zeiten mit höherem durchschnittlichen Datenübertragungsvolumen und damit einer niedrigen Wahrscheinlichkeit für eine kollisionsfreie Datenübertragung vorliegen.

In einem darauf folgenden ebenfalls optional durchzuführenden Verfahrensschritt S60 werden deshalb aus diesem optional ermittelten zeitlichen Verlauf des durchschnittlichen Datenübertragungsvolumens diejenigen Zeitabschnitte, in denen ein hohes durchschnittliches Datenübertragungsvolumen vorliegt, und diejenigen Zeitabschnitte ermittelt, in denen ein niedriges durchschnittliches Datenübertragungsvolumen vorliegt.

Schließlich wird in einem nächsten ebenfalls optional durchzuführenden Verfahrensschritt S70 festgestellt, ob im aktuellen Zeitpunkt ein Zeitabschnitt mit hohem durchschnittlichen Datenübertragungsvolumen vorliegt.

- 5 Liegt aktuell kein Zeitabschnitt mit einem hohen durchschnittlichen Datenübertragungsvolumen vor, so ist aktuell die Wahrscheinlichkeit für eine kollisionsfreie Datenübertragung vergleichsweise hoch und der sendewillige Knoten wird in Verfahrensschritt S100 das Nutzdaten-Paket
10 zum nächsten Knoten übertragen.

- Liegt aktuell dagegen ein Zeitabschnitt mit einer hohen durchschnittlichen Datenübertragungsrate vor, so ist aktuell die Wahrscheinlichkeit für eine kollisionsfreie
15 Datenübertragung gering und der sendewillige Knoten wird sich wie auch im Fall einer über dem vorgegebenen Schwellwert liegenden Anzahl identifizierter versteckter Knoten gemäß Verfahrensschritt S30 und/oder eines über einem vorgegebenen Schwellwert liegenden
20 durchschnittlichen Datenübertragungsvolumens gemäß Verfahrensschritt S40 ohne Durchführung der optionalen Verfahrensschritte S50 bis S70 im nächsten Verfahrensschritt S80 mit dem in der Umgebung des nächsten Knotens befindlichen versteckten Knoten über den nächsten
25 Kanalzugriff abstimmen. Hierbei kann das oben erwähnte RTS-CTS-Verfahren unter Zwischenschaltung des nächsten Knotens, aber durchaus auch andere Verfahren der Übertragungskanalzuweisung in einem CSMA-System zum Einsatz kommen.

- 30 Wird dem sendewilligen Knoten schließlich der Übertragungskanal zugewiesen, so erfolgt durch den sendewilligen Knoten die Übertragung des zu sendenden Nutzdaten-Pakets an den nächsten Knoten in Verfahrensschritt S100.

- 35 Im Zeitdiagramm der Fig. 4 ist die Belegung des Übertragungskanals in einem ad-hoc-Netz bei periodisch auftretenden Datenübertragungsvolumen zwischen dem nächsten Knoten und einem in dessen Umgebung befindlichen

- verstecktem Knoten dargestellt. Zu erkennen sind die periodisch auftretenden Zeitabschnitte mit hohem durchschnittlichen Datenübertragungsvolumen (mit Schraffur) und die daraus resultierenden Zeitabschnitte mit niedrigen durchschnittlichen Datenübertragungsvolumen, in denen der sendewillige Knoten die zu übertragenden Nutzdaten-Pakete an den nächsten Knoten senden kann (ohne Schraffur).
- 10 In Fig. 5 ist ein Blockschaltbild des erfindungsgemäßen Systems zur Multi-Hop-Datenübertragung in einem ad-hoc-Netz mit versteckten Knoten, das in jedem Knoten des ad-hoc-Netzes implementiert ist, dargestellt.
- 15 Das erfindungsgemäße System besteht aus einer Überwachungsinstanz 1, die alle empfangenen Nutzdaten-Pakete hinsichtlich der für das erfindungsgemäße Verfahren relevanten Informationen - MAC-Zieladresse, MAC-Quelladresse, Paketgröße, Datentyp, Dienstklasse, Absendezeit. usw. - analysiert und extrahiert. Die Überwachungsinstanz 1, die bevorzugt in der Netzwerk-Schicht realisiert ist, kann die Extrahierung der relevanten Daten des empfangenen Nutzdaten-Pakets entweder getrennt für eine einzige Schicht, bevorzugt die Netzwerk-Schicht, und die in dieser Schicht aus dem Nutzdaten-Paket zu extrahierenden relevanten Daten oder alternativ gebunden für alle Schichten des Knotens und die in allen Schichten des Knotens aus dem Nutzdaten-Paket zu extrahierenden relevanten Daten durchführen.
- 20 25 30 35 Die extrahierten Informationen des empfangenen Nutzdaten-Pakets werden von einer der Überwachungsinstanz 1 nachgeschalteten Auswertungsinstanz 2, die ebenfalls bevorzugt in der Netzwerk-Schicht implementiert ist, analysiert und ausgewertet (Schwellwertvergleich der Anzahl von identifizierten versteckten Knoten, Bestimmung des durchschnittlichen Datenübertragungsvolumens aus Paketgröße, Datentyp und/oder Dienstklasse, Schwellwertvergleich des durchschnittlichen Datenübertragungsvolumen,

Identifizierung der Periodizität des Verlaufs des durchschnittlichen Datenübertragungsvolumen). Die ausgewerteten Informationen werden in Nachbarschaft zu den Routing-Tabellen und den in der Umgebung der einzelnen
5 nächsten Knoten jeweils identifizierten versteckten Knoten in einer Datenbank 3 abgespeichert.

Die Erfindung ist nicht auf das dargestellte Ausführungsbeispiel beschränkt. Alle vorstehend
10 beschriebenen Maßnahmen sind im Rahmen der Erfindung beliebig miteinander kombinierbar.

Ansprüche

1. Verfahren zur Multi-Hop-Datenübertragung in einem ad-hoc-Netz mit versteckten Knoten, indem ein Knoten mit Sendeabsicht die Wahrscheinlichkeit für eine kollisionsfreie Datenübertragung zum nächsten Knoten ermittelt und bei einer hohen Wahrscheinlichkeit für eine kollisionsfreie Datenübertragung ein Nutzdaten-Paket zum nächsten Knoten überträgt, ohne sich über den nächsten Knoten mit in der Umgebung des nächsten Knotens befindlichen versteckten Knoten bezüglich der Datenübertragung zum nächsten Knoten abzustimmen.
2. Verfahren zur Multi-Hop-Datenübertragung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Wahrscheinlichkeit für eine kollisionsfreie Datenübertragung zum nächsten Knoten bei einer kleinen Anzahl von in der Umgebung des nächsten Knotens identifizierten versteckten Knoten gering bewertet wird.
3. Verfahren zur Multi-Hop-Datenübertragung nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Wahrscheinlichkeit für eine kollisionsfreie Datenübertragung zum nächsten Knoten bei kleinem durchschnittlichen Datenübertragungsvolumen zwischen dem nächsten Knoten und jedem der in der Umgebung des nächsten Knoten identifizierten versteckten Knotens gering bewertet wird.
4. Verfahren zur Multi-Hop-Datenübertragung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass Zeiten mit einer geringen Wahrscheinlichkeit für eine kollisionsfreie Datenübertragung zum nächsten Knoten als Zeiten mit einem kleinen durchschnittlichen Datenübertragungsvolumen zwischen nächsten Knoten und jedem in der

Umgebung des nächsten Knoten identifizierten versteckten Knoten ermittelt werden.

5. Verfahren zur Multi-Hop-Datenübertragung nach einem
5 der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass zur Ermittlung des durchschnittlichen Datenübertra-
gungsvolumens zwischen nächstem Knoten und jedem einzelnen
der in der Umgebung des nächsten Knoten identifizierten
10 versteckten Knoten die Paketgröße, der Datentyp und/oder
die Dienstklasse jedes zwischen nächstem Knoten und jedem
der in der Umgebung des nächsten Knotens identifizierten
versteckten Knoten übertragenen Nutzdaten-Pakete erfaßt
und statistisch ausgewertet wird.

15
6. Verfahren zur Multi-Hop-Datenübertragung nach einem
der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Knoten mit Sendeabsicht sich bei einem hohen
20 durchschnittlichen Datenübertragungsvolumen, in Zeiten mit
hohen durchschnittlichen Datenübertragungsvolumen und/oder
einer großen Anzahl von in der Umgebung des nächsten
Knotens identifizierten versteckten Knoten mit den in der
Umgebung des nächsten Knotens befindlichen versteckten
25 Knoten über den nächsten Knoten bezüglich der
Datenübertragung zum nächsten Knoten abstimmt.

7. Verfahren zur Multi-Hop-Datenübertragung nach
Anspruch 6,
30 **dadurch gekennzeichnet,**
dass die Abstimmung zwischen dem Knoten mit Sendeabsicht
und den in der Umgebung des nächsten Knotens befindlichen
versteckten Knoten über das RTS-/CTS-Verfahren erfolgt.

1/3

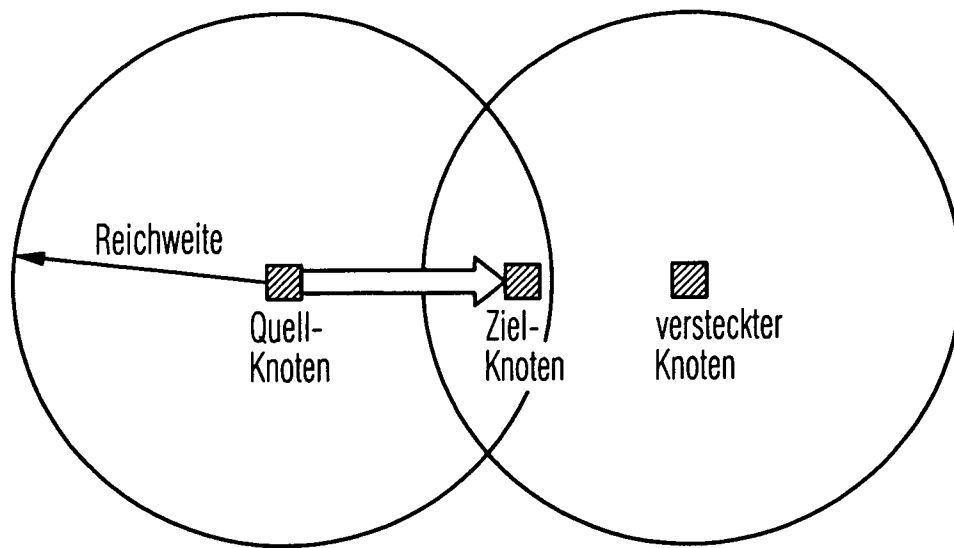


Fig. 1

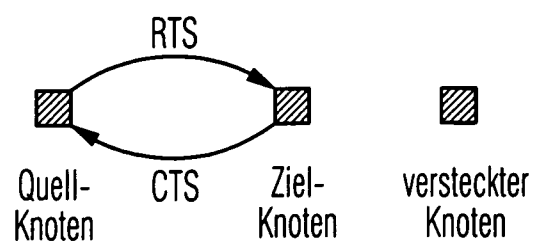


Fig. 2

2/3

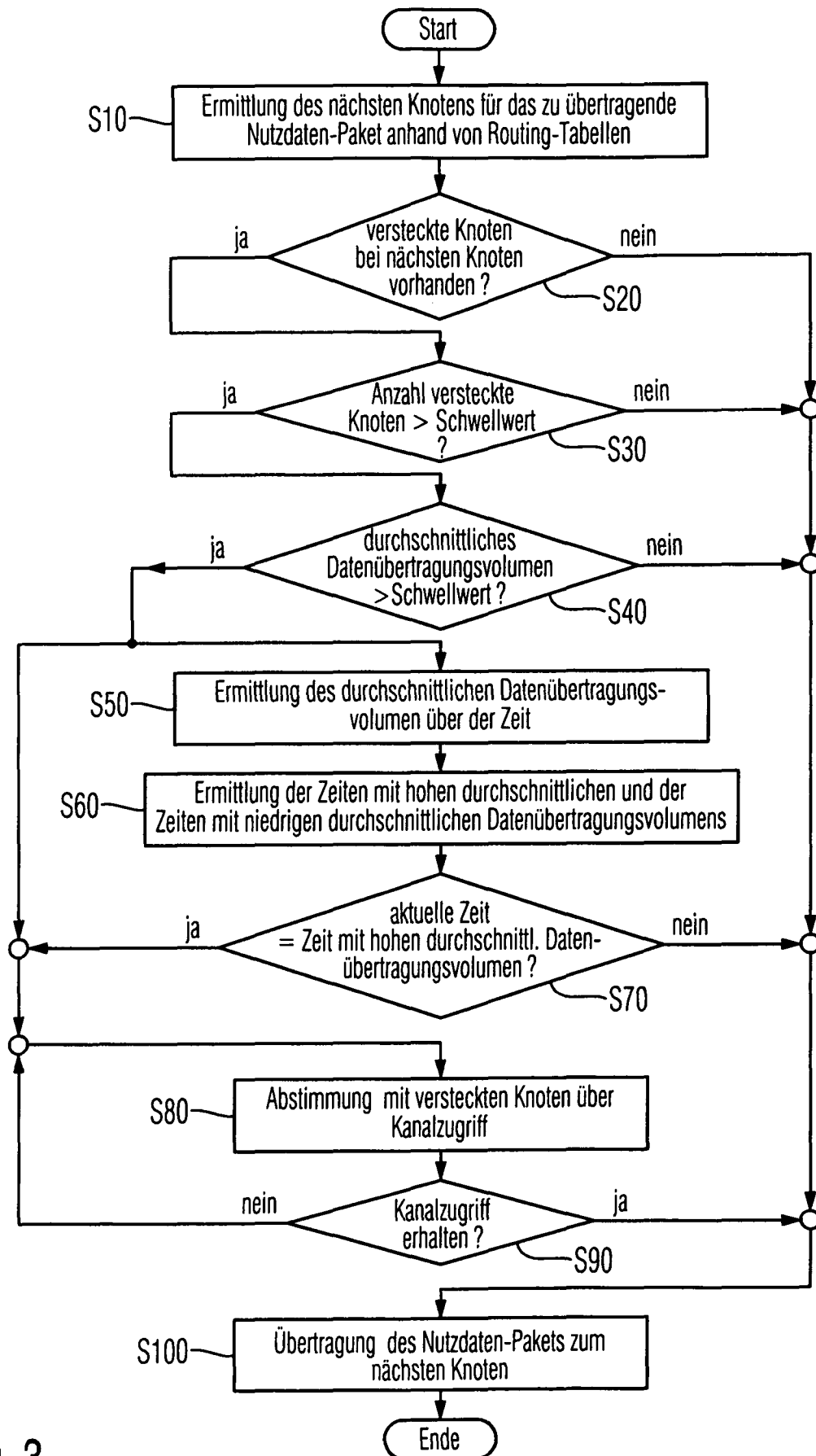


Fig. 3

3/3

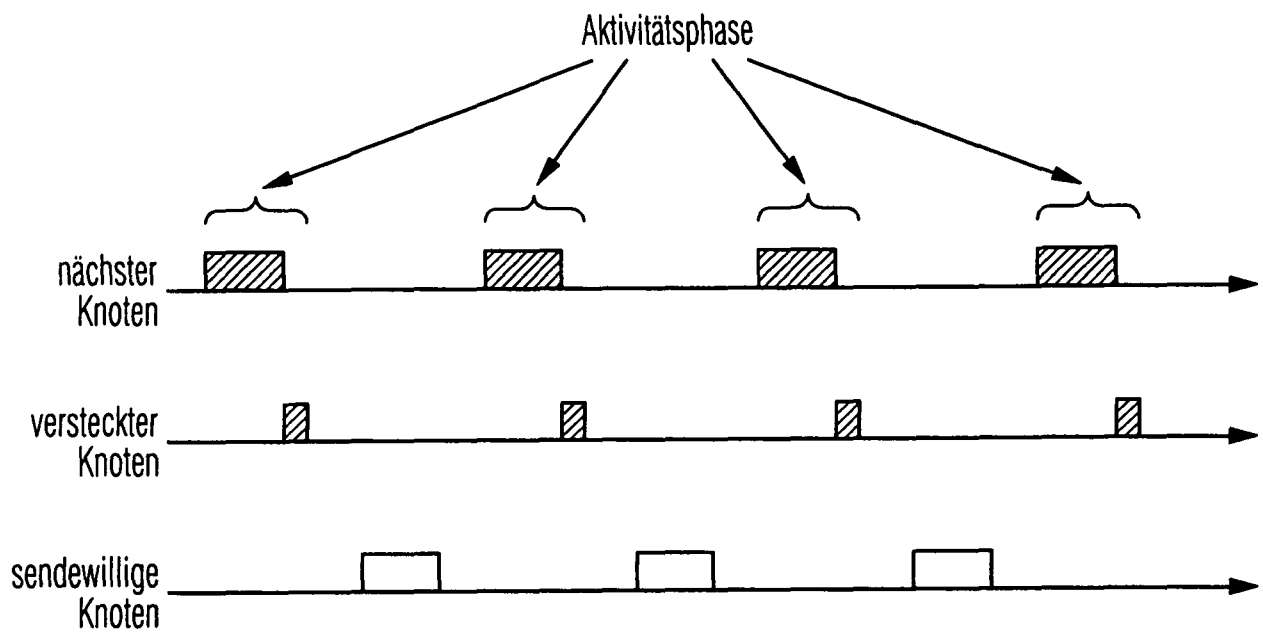


Fig. 4

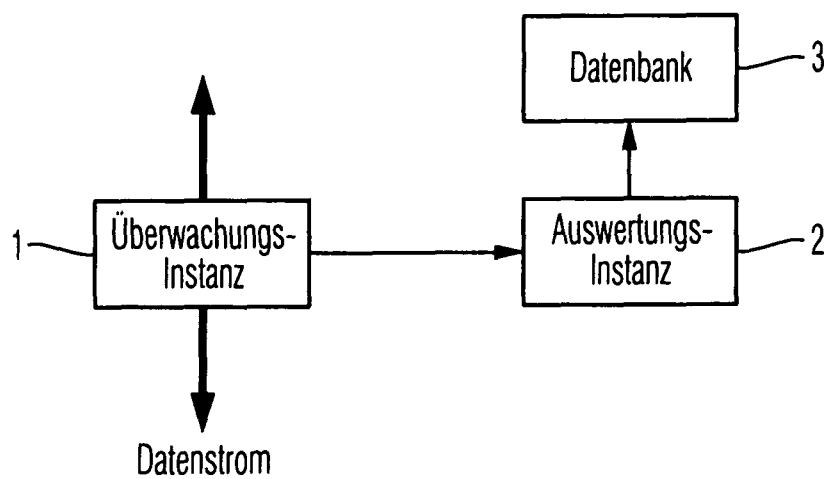


Fig. 5