

Verfahren und mobiles ad-hoc-Netzwerk zur effektiven Identifizierung von benachbarten Knoten

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur effektiven
5 Identifizierung von benachbarten Knoten in einem mobilen
ad-hoc-Netzwerk, somit ein entsprechendes Netzwerk.

In mobilen Netzwerken ohne Infrastruktur - so genannte ad-
hoc-Netzwerke - wird das Management, die Überwachung und
10 die Kontrolle des Datenverkehrs direkt zwischen den
einzelnen Netzteilnehmern - den so genannten Netzknoten
bzw. Knoten - abgewickelt.

Eine wesentliche Funktion ist hierbei die Planung des
15 Übertragungsweges vom sendenden Knoten zum empfangenden
Knoten, das so genannte Routing. Das Routing zwischen dem
sendenden Knoten und dem empfangenden Knoten kann hierbei
typischerweise über mehrere Zwischen-Knoten erfolgen. Für
ein derartiges Multi-Hop-Routing haben sich prinzipiell
20 zwei Klassen von Routing-Verfahren etabliert.

Beim proaktiven Routing werden in einer bestimmten
Zeitraster jeweils die direkten Nachbar-Knoten jedes
einzelnen Knoten in einem Ad-hoc-Netzwerk ermittelt und in
25 einer Routing-Tabelle abgelegt, die über ausgewählte
Knoten allen Knoten eines ad-hoc-Netzwerkes bekannt
gemacht wird. Beim reaktiven Routing werden dagegen die
jeweiligen Nachbar-Knoten jedes einzelnen Knotens im
Übertragungskorridor zwischen dem sendenden Knoten und dem
30 empfangenden Knoten einmalig bei einem Übertragungswunsch
eines Knotens kurz vor der Übertragung ermittelt und den
einzelnen Knoten im Übertragungskorridor mitgeteilt.

Der Datenverkehr zur Ermittlung der Nachbar-Knoten jedes einzelnen Knotens und der Datenverkehr zur Bekanntmachung der jeweiligen Nachbar-Knoten jedes einzelnen Knotens im gesamten ad-hoc-Netzwerk benötigt Übertragungskapazität, die die Übertragungseffizienz im ad-hoc-Netzwerk deutlich minimiert. Andererseits ist ein mobiles ad-hoc-Netzwerk aufgrund der Zugänge und/oder Abgänge von Netz-Knoten zum mobilen ad-hoc-Netzwerk typischerweise hoch veränderlich und erfordert eine kontinuierliche und schnelle Aktualisierung des für das proaktive Routing-Verfahren erforderlichen Wissens über die zu jedem Knoten des ad-hoc-Netzwerkes jeweils direkt benachbart positionierten Knoten. Für bestehende proaktive Routing-Verfahren wird die Topologie des ad-hoc-Netzwerkes - d.h. die Kenntnis über die Verteilung der einzelnen Knoten in dem ad-hoc-Netzwerk - deshalb in einem Zeitraster ermittelt, das einen Kompromiss zwischen dem Aktualitätsgrad der Topologie des ad-hoc-Netzwerkes und der Übertragungseffizienz im ad-hoc-Netzwerk darstellt. Eine derartige zyklische Identifizierung einer Topologie in einem ad-hoc-Netzwerk geht beispielsweise aus der WO 2011/154911 A1 hervor.

Für einen Knoten, der sich außerhalb eines ad-hoc-Netzwerkes befindet und sich deshalb möglichst schnell in ein bestehendes ad-hoc-Netzwerk integrieren möchte oder mit einem ebenfalls außerhalb eines ad-hoc-Netzwerkes befindlichen weiteren Knoten ein neues ad-hoc-Netzwerk gründen möchte, ist es nicht tragbar, seine Anwesenheit potentiellen Nachbar-Knoten lediglich in einem aufgrund des Kompromisses verlängerten Zeitraster anzukündigen.

Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, ein Verfahren zur Ermittlung der Topologie eines ad-hoc-Netzwerkes und ein

zugehöriges ad-hoc-Netzwerk zu schaffen, um ein möglichst schnelles Einbinden eines sich außerhalb eines ad-hoc-Netzwerkes befindlichen Knoten in ein ad-hoc-Netzwerk zu ermöglichen.

5

Die Aufgabe wird durch ein erfindungsgemäßes Verfahren zur effektiven Identifizierung von benachbarten Knoten in einem mobilen ad-hoc-Netzwerk mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 und durch ein zugehöriges

10 erfindungsgemäßes ad-hoc-Netzwerk mit den Merkmalen des Patentanspruchs 13 gelöst. Vorteilhafte technische Weiterbildungen sind in den jeweils abhängigen Patentansprüchen aufgeführt.

15 Ausgehend von einem Szenario, bei dem jeder Knoten seine Anwesenheit im ad-hoc-Netzwerk durch Aussenden einer Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit - typischerweise einer so genannten "Hallo-Nachricht" - in einem bestimmten konstanten Zeitraster anzeigt, die von
20 jedem weiteren Knoten des ad-hoc-Netzwerkes, der die Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit erstmalig empfängt, mit einer Quittierungs-Nachricht quittiert wird, sendet ein Knoten, der sich außerhalb eines ad-hoc-Netzwerkes befindet, erfindungsgemäß die Nachricht zur
25 Signalisierung einer Anwesenheit in einem variierten Zeitraster aus.

Die erfindungsgemäße Variation des Zeitrasters, in dem ein außerhalb eines ad-hoc-Netzwerkes befindlicher Knoten eine
30 Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit aussendet, ermöglicht ein möglichst schnelles Bekanntmachen des außerhalb eines ad-hoc-Netzwerkes befindlichen Knotens bei potentiellen Nachbar-Knoten und somit ein möglichst schnelles sich Einbinden des außerhalb eines ad-hoc-

Netzwerkes befindlichen Knotens in ein ad-hoc-Netzwerk mit mindestens einem potentiellen Nachbar-Knoten.

Der außerhalb eines ad-hoc-Netzwerkes befindliche Knoten,
5 der entweder durch Aufnahme des Betriebs, d.h.
beispielsweise durch Einschalten der Betriebsspannung, in
eine Position außerhalb eines ad-hoc-Netzwerkes oder bei
bereits aufgenommenen Betrieb von einer Position innerhalb
eines ad-hoc-Netzwerkes in eine Position außerhalb eines
10 ad-hoc-Netzwerkes gelangt, wird bevorzugt zuerst ein
vergleichsweise längeres Zeitraster zum Aussenden einer
Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit wählen, um
frühzeitig - noch vor dem Aussenden einer eigenen
Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit - eine von
15 einem potentiellen Nachbar-Knoten gesendete Nachricht zur
Signalisierung einer Anwesenheit erstmalig zu empfangen
und mit einer Quittierungs-Nachricht zu quittieren.

Da ein gemeinsames ad-hoc-Netzwerk zwischen zwei Knoten ab
20 dem Zeitpunkt realisiert ist, in dem sich die beiden
Knoten gegenseitig bekannt gemacht haben, stellt das
Quittieren einer von einem Nachbar-Knoten empfangenen
Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit durch
Versenden einer Quittierungs-Nachricht die schnellste
25 Möglichkeit für einen außerhalb eines ad-hoc-Netzwerk
befindlichen Knoten dar, sich in ein bestehendes ad-hoc-
Netzwerk einzubinden oder ein neues ad-hoc-Netzwerk zu
gründen, da lediglich noch das Versenden einer
Quittierungs-Nachricht erforderlich ist.

30 Mit fortschreitender Zeit, in der die Wahrscheinlichkeit
für den Empfang einer von einem potentiellen Nachbar-
Knoten versendeten Nachricht zur Signalisierung einer
Anwesenheit abnimmt, wird der außerhalb eines ad-hoc-

Netzwerkes befindliche Knoten das Zeitraster, in dem er eine Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit aussendet, bevorzugt reduzieren, um sich möglichst frühzeitig einem potentiellen Nachbar-Knoten bekannt zu machen, mit ihm in Kontakt zu kommen und somit sich in ein bestehendes ad-hoc-Netzwerk mit dem potentiellen Nachbar-Knoten einzubinden oder ein neues ad-hoc-Netzwerk mit einem potentiellen Nachbar-Knoten zu gründen.

- 10 Die Reduzierung des Zeitrasters wird vorzugsweise solange fortgesetzt, bis das Zeitraster einen vorab festgelegten minimalen Wert erreicht. Dieses minimalwertige Zeitraster behält der außerhalb eines ad-hoc-Netzwerkes befindliche Knoten solange bei, bis er in dem ad-hoc-Netzwerk
15 integriert ist.

Um die Einbindung eines außerhalb eines ad-hoc-Netzwerkes befindlichen Knotens in ein bestehendes ad-hoc-Netzwerk oder die Gründung eines neuen ad-hoc-Netzwerkes zwischen
20 zwei außerhalb eines ad-hoc-Netzwerkes befindlichen Knoten zusätzlich zu beschleunigen, wird jede von einem Knoten empfangene Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit bevorzugt schnellstmöglich mit einer Quittierungs-Nachricht quittiert.

- 25 In einer ersten bevorzugten Variante der Erfindung erfolgt die Quittierung mit einer Quittierungs-Nachricht sofort nach dem Empfang einer Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit. In einer zweiten bevorzugten Variante der
30 Erfindung wird die Quittierung mit einer Quittierungs-Nachricht geringfügig um eine dem jeweiligen Knoten zugeordnete statistische Verzögerungszeit verzögert, um ein gleichzeitiges Quittieren der Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit durch mehrere diese

Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit empfangenden Knoten und damit eine Blockade im ad-hoc-Netzwerk zu unterbinden.

- 5 Der Zeitpunkt des Empfangs einer Quittierungs-Nachricht beim Knoten, der die zu quittierende Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit gesendet hat, stellt bevorzugt den Zeitpunkt des Beginns eines ad-hoc-Netzwerkes zwischen dem die Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit sendenden Knoten und dem die Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit mit einer Quittierungs-Nachricht quittierenden Knoten sowie zusätzlichen Knoten dar, die jeweils mit einem der beiden Knoten ein bestehendes ad-hoc-Netzwerk bereits betreiben.
- 10
- 15 Ein Knoten, der eine empfangene Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit mit einer Quittierungs-Nachricht quittiert, weiß somit, dass er in Kürze in einem ad-hoc-Netzwerk integriert ist, und wird deshalb
- 20 vorzugsweise ab dem Zeitpunkt der Versendung einer Quittierungs-Nachricht wie jeder andere Knoten, der einem ad-hoc-Netzwerk angehört, seine Nachrichten zur Signalisierung seiner Anwesenheit in einem vorab festgelegten konstanten Zeitraster versenden. Äquivalent
- 25 wird ein Knoten, der eine Quittierungs-Nachricht empfängt und somit weiß, dass er inzwischen einem ad-hoc-Netzwerk angehört, sofern er nicht schon einem ad-hoc-Netzwerk angehört, somit vorzugsweise ab dem Zeitpunkt des Empfangs einer Quittierungs-Nachricht wie jeder andere Knoten, der
- 30 einem ad-hoc-Netzwerk angehört, seine Nachrichten zur Signalisierung seiner Anwesenheit in einem vorab festgelegten konstanten Zeitraster versenden.

Erhält ein Knoten, der eine Nachricht zur Signalisierung seiner Anwesenheit aussendet und sich wissentlich zu diesem Zeitpunkt in einem ad-hoc-Netzwerk befindet, innerhalb eines vorab festgelegten Zeitintervalls keine
5 Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit von einem anderen Knoten des ad-hoc-Netzwerkes, so befindet er sich wissentlich außerhalb eines ad-hoc-Netzwerkes.

Während die Bildung eines ad-hoc-Netzwerkes zwischen
10 mindestens zwei Knoten mit dem Empfang der Quittierungs-Nachricht eines der beiden Knoten beim jeweils anderen der beiden Knoten aktiviert ist, ist eine gesicherte bidirektionale Übertragung zwischen diesen beiden Knoten - d.h. das Vorliegen einer gesicherten symmetrischen
15 Übertragung zwischen den beiden Knoten - vorzugsweise erst gegeben, wenn beide Knoten wissen, dass ihre gesendete Nachricht vom jeweils anderen Knoten korrekt empfangen wird. Dies ist bevorzugt erst dann der Fall, wenn einer der beiden Knoten eine weitere Quittierungs-Nachricht
20 empfängt, die der jeweils andere Knoten beim Empfang der vom einen der beiden Knoten versendeten Quittierungs-Nachricht verschickt.

Bevorzugt findet das erfindungsgemäße Verfahren zur
25 effektiven Identifizierung von benachbarten Knoten in einem mobilen ad-hoc-Netzwerk im Vorfeld eines proaktiven Routing-Verfahrens - Übertragungsweg-Planungsverfahren - Verwendung, das mit dem sog. Optimized-Link-State-Routing (OLSR)-Protokoll - optimierten-Verbindungsstatus-
30 Übertragungswegplanung-Protokoll - arbeitet.

Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Verfahrens zur effektiven Identifizierung von benachbarten Knoten in einem mobilen ad-hoc-Netzwerk und des zugehörigen

erfindungsgemäßen ad-hoc-Netzwerks werden im Folgenden anhand der Zeichnung im Detail beispielhaft erläutert. Die Figuren der Zeichnung zeigen:

- 5 Fig. 1 eine beispielhafte Zeitdarstellung der
 Nachrichten zur Signalisierung einer Anwesenheit
 und zugehöriger Quittierungs-Nachrichten,
- 10 Fig. 2A eine regionale Darstellung eines ersten
 Szenarios eines ad-hoc-Netzwerkes mit inner- und
 außerhalb des ad-hoc-Netzwerkes befindliche
 Knoten
- 15 Fig. 2B eine regionale Darstellung eines zweiten
 Szenarios eines ad-hoc-Netzwerkes mit inner- und
 außerhalb des ad-hoc-Netzwerkes befindliche
 Knoten,
- 20 Fig. 2C eine regionale Darstellung eines dritten
 Szenarios eines ad-hoc-Netzwerkes mit innerhalb
 des ad-hoc-Netzwerkes befindliche Knoten,
- 25 Fig. 2D eine regionale Darstellung eines vierten
 Szenarios eines ad-hoc-Netzwerkes mit inner- und
 außerhalb des ad-hoc-Netzwerkes befindliche
 Knoten und
- 30 Fig. 3 ein Flussdiagramm eines Ausführungsbeispiels des
 erfindungsgemäßen Verfahrens zur effektiven
 Identifizierung von benachbarten Knoten in einem
 mobilen ad-hoc-Netzwerk.

Im Folgenden wird ein Ausführungsbeispiel des
erfindungsgemäßen Verfahrens zur effektiven

Identifizierung von benachbarten Knoten in einem mobilen ad-hoc-Netzwerk anhand des Flussdiagramms in Fig. 3 und das zugehörige Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen ad-hoc Netzwerks anhand der in den Figuren 2A bis 2D
5 dargestellten Szenarien im Detail erläutert.

Im ersten Verfahrensschritt S10 des erfindungsgemäßen Verfahrens nimmt ein Netzknoten, beispielsweise ein Mobilfunkgerät oder ein zelluläres Funkgerät, - im
10 folgenden kurz Knoten genannt - seinen Betrieb auf, z.B. indem der Nutzer des einen Knoten darstellenden Gerätes die Betriebsspannung einschaltet und das Gerät die üblichen Initialisierung-Routinen durchläuft. Nach Ablauf dieser Betriebsaufnahme ist der Knoten typischerweise noch
15 in keinem ad-hoc-Netzwerk integriert.

Neben einem Knoten, der seinen Betrieb neu aufnimmt, kann äquivalent auch ein Knoten, der kurz zuvor noch in einem ad-hoc-Netzwerk integriert war und durch regionale
20 Änderung seiner Position zum Übertragungsbereich des ad-hoc-Netzwerkes aus dem ad-hoc-Netzwerk ausgeschieden ist, sich in der Situation befinden, in keinem ad-hoc-Netzwerk mehr integriert zu sein und somit schnellstmöglich die Teilnahme in einem ad-hoc-Netzwerk anzustreben.

25 Hierzu sendet der außerhalb eines ad-hoc-Netzwerkes befindliche Knoten im nächsten Verfahrensschritt S20 eine Nachricht zur Signalisierung seiner Anwesenheit aus, die typischerweise eine "Hallo-Nachricht" ("hello message")
30 ist und die Anwesenheit des Knotens in der Region den in der Region anwesenden potentiellen Nachbar-Knoten anzeigen soll. Eine derartige Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit enthält typischerweise nur eine Information zur Identität des Knotens - typischerweise Identität-

Nummer des Knoten - und den Sendezeitpunkt der Nachricht zur Signalisierung seiner Anwesenheit in einer lokalen Zeit des Knotens, die vorzugsweise auf eine Referenz-Zeitquelle - beispielsweise die Global-Position-
5 System(GPS)-Zeit - referenziert ist.

Das Zeitraster ΔT_2 , in dem der außerhalb eines ad-hoc-Netzwerkes befindliche Knoten seine Nachrichten zur Signalisierung seiner Anwesenheit 1 aussendet, ist gemäß
10 Fig. 1 am Beginn der Suche nach einem ad-hoc-Netzwerk vergleichsweise hoch und reduziert sich, wie aus Fig. 1 ersichtlich ist, sukzessive. Auf diese Weise ist gewährleistet, dass dem Knoten am Beginn seiner Suche nach einem ad-hoc-Netzwerk, bevor er seine erste Nachricht zur
15 Signalisierung seiner Anwesenheit 1 aussendet, ein ausreichend langer Zeitraum zur Verfügung steht, um eine von einem potentiellen Nachbar-Knoten ausgesendete Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit 1 korrekt zu empfangen. Ein korrekter Empfang einer von einem
20 potentiellen Nachbar-Knoten ausgesendeten Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit 1 parallel zur Aussendung einer Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit 1 ist für einen Knoten nämlich nicht möglich, da paralleles Senden und Empfangen im Simplexverkehr nicht möglich ist.

25 Die höhere Priorisierung des Empfangs einer von einem potentiellen Nachbar-Knoten ausgesendeten Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit 1 gegenüber dem Aussenden einer Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit 1
30 ermöglicht den außerhalb eines ad-hoc-Netzwerkes befindlichen Knoten, sich schnellstmöglich in ein bestehendes ad-hoc-Netzwerk mit einem Nachbar-Knoten einzubinden oder schnellstmöglich ein ad-hoc-Netzwerk mit einem Nachbar-Knoten zu gründen, da die Integration des

ein ad-hoc-Netzwerk suchenden Knotens mit dem Empfang einer vom Knoten gesendeten Quittierungs-Nachricht 2 auf die empfangene Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit 1 beim Knoten, der die Nachricht zur
5 Signalisierung einer Anwesenheit 1 abgesendet hat, abgeschlossen ist.

Im nächsten Verfahrensschritt S30 versucht der ein ad-hoc-Netzwerk suchende Knoten den Empfang einer Quittierungs-Nachricht 2 eines potentiellen Nachbar-Knotens zu
10 identifizieren, die der potentielle Nachbar-Knoten beim Empfang der Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit 1 dem Knoten zur Quittierung ausstrahlt. Identifiziert der Knoten den Empfang einer derartigen Quittierungs-Nachricht
15 2, so erkennt er, dass er in Übertragungsreichweite zu einem potentiellen Nachbar-Knoten positioniert ist. Mit Eintritt dieser Bedingung befindet sich der ein ad-hoc-Netzwerk suchende Knoten mit dem potentiellen Nachbar-Knoten bzw. mit zusätzlichen Knoten, die sich bereits in
20 einem ad-hoc-Netz mit dem potentiellen Nachbar-Knoten befinden, in einem gemeinsamen ad-hoc-Netzwerk. Außerdem erkennt der suchende Knoten in diesem Zeitpunkt, dass eine gesicherte bidirektionale Übertragung, zwischen ihm und dem potentiellen Nachbar-Knoten vorliegt, da einerseits
25 ein potentieller Nachbar-Knoten eine von ihm selbst ausgesendete Nachricht sicher empfangen hat und er selbst andererseits eine vom potentiellen Nachbar-Knoten ausgesendete Nachricht sicher empfangen hat.

30 Identifiziert der suchende Knoten den Empfang einer von einem potentiellen Nachbar-Knoten ausgestrahlten Quittierungs-Nachricht 2 auf eine vom suchenden Knoten ausgestrahlte Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit 1, so befindet sich der suchende Knoten

folglich in einem ad-hoc-Netzwerk und das erfindungsgemäße Verfahren wird mit dem weiter unten noch detailliert vorgestellten Verfahrensschritt S80 fortgesetzt.

- 5 Andernfalls versucht der ein ad-hoc-Netzwerk suchende Knoten im darauf folgenden Verfahrensschritt S40 den Empfang einer von einem potentiellen Nachbar-Knoten ausgestrahlten Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit 1 zu identifizieren. Für den Fall, dass der
- 10 suchende Knoten den Empfang einer von einem potentiellen Nachbar-Knoten ausgestrahlten Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit 1 identifiziert, ist der suchende Knoten in Übertragungsbereich eines potentiellen Nachbar-Knoten positioniert und ist somit in der Lage, mit diesem
- 15 potentiellen Nachbar-Knoten und zusätzlichen Knoten, die mit diesem potentiellen Nachbar-Knoten bereits ein ad-hoc-Netzwerk bilden, ein gemeinsames ad-hoc-Netzwerk zu bilden. Somit wird er die empfangene Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit 1 des potentiellen
- 20 Nachbar-Knotens mit einer Quittierungs-Nachricht 2 quittieren.

- Der für den suchenden Knoten absehbare Zeitpunkt des Empfangs der vom suchenden Knoten ausgestrahlten
- 25 Quittierungs-Nachricht 2 durch dem potentiellen Nachbar-Knoten stellt den Beginn eines gemeinsamen ad-hoc-Netzwerkes zwischen dem suchenden Knoten und dem potentiellen Nachbar-Knoten und zusätzlichen mit dem potentiellen Nachbar-Knoten innerhalb eines bereits
- 30 existierenden ad-hoc-Netzwerk verbundenen Knoten dar.

Um den Zeitpunkt des Beginns eines gemeinsamen ad-hoc-Netzwerks möglichst bald zu realisieren, wird der suchende Knoten in einer ersten Variante der Erfindung die

Quittierungs-Nachricht 2 sofort nach Empfang der Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit 1 des potentiellen Nachbar-Knotens absenden. In einer zweiten Variante der Erfindung wird der suchende Knoten ebenfalls die

5 Quittierungs-Nachricht 2 möglichst zeitnah ausstrahlen, um den Zeitpunkt des Beginns des gemeinsamen ad-hoc-Netzwerkes möglichst bald zu realisieren. In dieser zweiten Variante der Erfindung wird die Quittierungs-Nachricht 2 aber um eine geringfügige, dem jeweiligen

10 Knoten zugeordnete Verzögerungszeit ΔT_3 zum Empfangszeitpunkt der Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit 1 des potentiellen Nachbar-Knotens verzögert, um ein gleichzeitiges Quittieren dieser empfangenen Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit 1 durch

15 andere Knoten in der Übertragungsbereichweite des potentiellen Nachbar-Knotens und damit eine Blockade ad-hoc-Netzwerk zu verhindern.

Der absehbar sich in einem ad-hoc-Netzwerk befindende

20 Knoten wird folglich verzögert um die Übertragungszeit der Quittierungs-Nachricht 2 und eine eventuell in der zweiten Variante der Erfindung benutzte statistische Verzögerungszeit mit dem weiter unten noch detailliert vorgestellten Verfahrensschritt S80 fortfahren.

25 Wird durch den ein ad-hoc-Netzwerk suchenden Knoten kein Empfang einer von einem potentiellen Nachbar-Knoten ausgestrahlten Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit 1 identifiziert, so werden im darauf folgenden

30 Verfahrensschritt S50 vom suchenden Knoten weitere Nachrichten zur Signalisierung einer Anwesenheit 1 in einem gemäß Fig. 1 zunehmend kleineren Zeitraster ΔT_2 ausgestrahlt. Die Reduzierung des Zeitrasters ist sinnvoll, da mit zunehmender Zeit, in der der nach einem

ad-hoc-Netzwerk suchende Knoten keine Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit empfangen hat, die Wahrscheinlichkeit für den Empfang einer von einem potentiellen Nachbar-Knoten gesendeten Nachricht zur

5 Signalisierung einer Anwesenheit 1 abnimmt. Die Minimierung des Zeitrasters zur Aussendung einer Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit 1 erfolgt solange, bis ein vorab geeignet festgelegtes minimalwertiges Zeitraster ΔT_3 erreicht ist. Dieses minimalwertige

10 Zeitraster ΔT_3 wird so lange beibehalten, bis der suchende Knoten, wie weiter unten noch im Detail erläutert wird, in einem ad-hoc-Netzwerk integriert ist.

Nach der Aussendung einer weiteren Nachricht zur

15 Signalisierung einer Anwesenheit 1 wird der suchende Knoten im darauf folgenden Verfahrensschritt S60 in Analogie zu Verfahrensschritt S30 versuchen, den Empfang einer von einem potentiellen Nachbar-Knoten ausgestrahlten Quittierungs-Nachricht 2 auf eine vom suchenden Knoten

20 ausgestrahlte Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit 1 zu identifizieren. Falls der suchende Knoten keinen Empfang einer Quittierungs-Nachricht 2 identifiziert, wird er im darauf folgenden Verfahrensschritt S70 in Analogie zu Verfahrensschritt S40

25 den Empfang einer von einem potentiellen Nachbar-Knoten ausgestrahlten Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit 1 zu identifizieren versuchen. Für den Fall, dass der suchende Knoten den Empfang einer von einem potentiellen Nachbar-Knoten ausgestrahlten Nachricht zur

30 Signalisierung einer Anwesenheit 1 nicht identifiziert, wird er gemäß Verfahrensschritt S50 eine weitere Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit 1 in einem weiter reduzierten Zeitraster oder in einen minimalwertigen Zeitraster ausstrahlen.

Falls der ein ad-hoc-Netzwerk suchende Knoten entweder den Empfang einer von einem potentiellen Nachbar-Knoten ausgestrahlten Quittierungs-Nachricht 2 oder den Empfang einer von einem potentiellen Nachbar-Knoten ausgestrahlten Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit 1 identifiziert hat und sich somit mit dem potentiellen Nachbar-Knoten und weiteren Knoten, die mit dem potentiellen Nachbar-Knoten bereits ein ad-hoc-Netzwerk bilden, in einem gemeinsamen ad-hoc-Netzwerk befindet, wird der suchende Knoten im darauf folgenden Verfahrensschritt S80 gemäß Fig. 1 fortlaufend wie alle anderen in einem ad-hoc-Netzwerk befindlichen Knoten eine Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit 1 in einem vorab festgelegten konstanten Zeitraster ΔT_1 ausstrahlen.

Der sich nun in einem ad-hoc-Netzwerk befindende Knoten wird im darauf folgenden Verfahrensschritt S90 versuchen, den Empfang einer von weiteren dem ad-hoc-Netzwerk angehörenden Knoten jeweils ausgestrahlten Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit 1 zu identifizieren. Wird von dem sich nun innerhalb eines ad-hoc-Netzwerkes befindenden Knoten innerhalb eines vorab festgelegten Zeitintervalls ΔT_4 seit dem letzten Empfangszeitpunkt einer Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit eines weiteren Knoten des ad-hoc-Netzwerkes keine weitere Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit eines zum ad-hoc-Netzwerk gehörenden Knotens empfangen, so erkennt der Knoten, dass er sich nicht mehr innerhalb eines ad-hoc-Netzwerkes befindet.

In diesem Fall wird der sich nun außerhalb eines ad-hoc-Netzwerkes befindende Knoten auf der schnellstmöglichen Suche nach einem neuen ad-hoc-Netzwerk gemäß

Verfahrensschritt S20 eine Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit 1 in einem sich minimierenden Zeitraster ΔT_2 gemäß Fig. 1 ausstrahlen.

- 5 Empfängt der Knoten eine weitere Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit dieses Knotens, so befindet er sich weiterhin in dem ad-hoc-Netzwerk. Ein Ausscheiden des sich innerhalb eines ad-hoc-Netzwerkes befindenden Knotens aus dem ad-hoc-Netzwerk ist nur im
- 10 Rahmen des abschließenden Verfahrensschritt S100 möglich, wenn der Knoten seinen Betrieb beendet, z.B. indem der Nutzer des dem Knoten entsprechenden Gerätes die Betriebsspannung des Gerätes ausschaltet und das Gerät daraufhin im Rahmen von Beendungs-Routinen in einen
- 15 ausgeschalteten Betriebszustand übergeht.

- Wird der Betrieb des Knotens im abschließenden Verfahrensschritt S100 nicht beendet, so sendet der sich in einem ad-hoc-Netzwerk befindende Knoten gemäß
- 20 Verfahrensschritt S80 eine weitere Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit 1 im konstanten Zeitraster ΔT_1 aus.

- An dieser Stelle ist anzumerken, dass nicht nur der
- 25 außerhalb eines ad-hoc-Netzwerkes sich befindende und deshalb ein ad-hoc-Netzwerk suchende Knoten, sondern alle Knoten – auch die sich in einem ad-hoc-Netzwerk bereits befindenden Knoten – beschleunigt eine empfangene Nachricht zu Signalisierung einer Anwesenheit 1 durch eine
- 30 Quittierungs-Nachricht 2 quittieren, d.h. also sofort nach Empfang der Nachricht zu Signalisierung einer Anwesenheit 1 gemäß der ersten Variante der Erfindung oder verzögert um eine dem jeweiligen Knoten zugewiesene statistische

Verzögerungszeit ΔT_5 zum Empfangszeitpunkt der Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit 1.

5 Ferner ist festzustellen, wie aus Fig. 1 hervorgeht, dass mit dem Empfangszeitpunkt der Quittierungs-Nachricht 2 der Knoten 1 weiß, dass seine zugehörige versendete Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit 1 sicher vom Knoten 2 empfangen wurde und sich somit Knoten 2 sicher in der Übertragungsreichweite von Knoten 1 befindet und
10 gleichzeitig dass er sich mit dem sicheren Empfang der Quittierungs-Nachricht 2 von Knoten 2 sicher in der Übertragungsreichweite von Knoten 2 befindet.

Knoten 2 erkennt eine gesicherte Übertragung zwischen
15 Knoten 1 und 2 erst mit dem Empfangszeitpunkt einer weiteren Quittierungs-Nachricht 3 des Knoten 1 auf den Empfang der Quittierungs-Nachricht 2 des Knoten 2. Erst ab diesem Zeitpunkt besteht eine gesicherte symmetrische Übertragungsverbindung zwischen Knoten 1 und Knoten 2.

20

Aus den Figuren 2A bis 2D gehen verschiedene Szenarien eines sich verändernden ad-hoc-Netzwerkes hervor.

In Fig. 2A ist ein außerhalb der Übertragungsreichweite zu
25 einem anderen Knoten oder zu einem bereits bestehenden ad-hoc-Netzwerkeines sich befindender Knoten - nicht-gefüllter Kreis - auf der Suche nach einem ad-hoc-Netzwerk und bewegt sich auf eine Gruppe von drei Knoten - gefüllte Kreise - zu (siehe Pfeil), die sich zueinander in
30 Übertragungsreichweite und somit innerhalb eines gemeinsamen ad-hoc-Netzwerkes befinden.

In Fig. 2B befindet sich der suchende Knoten bereits in Übertragungsreichweite des aus drei Knoten bestehenden ad-

hoc-Netzes, ist aber noch nicht in das ad-hoc-Netzwerk integriert, da der Nachrichtenaustausch (Aussenden der Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit und einer Quittierungs-Nachricht) zwischen dem suchenden Knoten und
5 mindestens einem der drei in dem ad-hoc-Netzwerk integrierten Knoten noch nicht abgeschlossen ist.

In Fig. 2C ist der Nachrichtenaustausch abgeschlossen und der suchende Knoten in das ad-hoc-Netzwerk integriert.

10

Das Szenario in Fig. 2D stellt den Fall dar, dass der ursprünglich suchende Knoten wieder aus dem ad-hoc-Netzwerk ausgeschieden ist, da sich die ursprünglich drei im ad-hoc-Netzwerk befindlichen Knoten gemeinsam vom
15 ursprünglich suchende Knoten regional entfernt haben (siehe Pfeil) und der ursprünglich suchende Knoten somit außerhalb der Übertragungsbereichweite zu allen drei Knoten des ad-hoc-Netzwerkes positioniert ist.

20 Die Erfindung ist nicht auf die dargestellte Ausführungsform und die vorgestellten Varianten beschränkt. Von der Erfindung sind insbesondere alle möglichen Kombinationen aller in den Patentansprüchen beanspruchten Merkmale, aller in der Beschreibung
25 offenbarten Merkmale und aller in den Figuren der Zeichnung dargestellt Merkmale mit abgedeckt. Insbesondere können die Merkmale der abhängigen Verfahrensansprüche auch in Kombination mit dem unabhängigen Netzwerk-Anspruch verwirklicht sein.

30

Ansprüche

1. Verfahren zur effektiven Identifizierung von benachbarten Knoten in einem mobilen ad-hoc-Netzwerk, wobei jeder Knoten in einem bestimmten Zeitraster ($\Delta T_1, \Delta T_2, \Delta T_3$) eine Nachricht zur Signalisierung seiner Anwesenheit (1) aussendet, die von mindestens einem Knoten, der die Nachricht zur Signalisierung der Anwesenheit (1) erstmalig empfängt, durch Aussendung einer Quittierungs-Nachricht (2) quittiert wird, **dadurch gekennzeichnet,** dass das Zeitraster ($\Delta T_2, \Delta T_3$), in dem die Nachricht zur Signalisierung der Anwesenheit (1) ausgesendet wird, von einem Knoten, der sich außerhalb eines ad-hoc-Netzwerkes befindet, variiert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass das Zeitraster (ΔT_2), in dem die Nachricht zur Signalisierung seiner Anwesenheit (1) von einem außerhalb eines ad-hoc-Netzwerkes befindlichen Knoten unmittelbar nach einer Betriebsaufnahme des sich außerhalb eines ad-hoc-Netzwerkes befindlichen Knotens ausgesendet wird, auf einen vergleichsweise hohen Wert eingestellt wird, der sukzessive reduziert wird, bis ein vorab bestimmtes minimalwertiges Zeitraster (ΔT_3) erreicht ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,** dass ein Knoten unmittelbar, nachdem er identifiziert, dass er sich inzwischen außerhalb eines ad-hoc-Netzwerkes befindet, die Nachricht zur Signalisierung seiner Anwesenheit (1) in einem Zeitraster (ΔT_2) mit einem vergleichsweise hohen Wert aussendet, der sukzessive reduziert wird, bis ein vorab bestimmtes minimalwertiges Zeitraster (ΔT_3) erreicht ist.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Quittierungs-Nachricht (2) unmittelbar nach dem
Empfang der Nachricht zur Signalisierung der Anwesenheit
5 (1) ausgesendet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Quittierungs-Nachricht (2) sofort nach dem
10 Empfang der Nachricht zur Signalisierung der Anwesenheit
(1) ausgesendet wird.
6. Verfahren nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
15 dass die Quittierungs-Nachricht (2) nach dem Empfang der
Nachricht zur Signalisierung der Anwesenheit (1) zuzüglich
einer dem jeweiligen Knoten jeweils zugeordneten
statistischen Verzögerungszeit (ΔT_s) ausgesendet wird.
- 20 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein außerhalb eines ad-hoc-Netzwerkes befindlicher
Knoten ab dem Zeitpunkt des Empfangs der Quittierungs-
Nachricht (2) eine Nachricht zur Signalisierung einer
25 Anwesenheit (1) in einem vorab festgelegten konstanten
Zeitraster (ΔT_l) absendet.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
30 dass ein außerhalb eines ad-hoc-Netzwerkes befindlicher
Knoten ab dem Zeitpunkt des Empfangs einer Nachricht zur
Signalisierung einer Anwesenheit (1) eines anderen
Knotens, die er mit einem Quittierungs-Signal (2)
quittiert, eine Nachricht zur Signalisierung einer
35 Anwesenheit (1) in einem vorab festgelegten konstanten
Zeitraster (ΔT_l) absendet.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein Knoten mit mindestens einem weiteren Knoten
innerhalb eines ad-hoc-Netzwerkes integriert ist, sobald
5 einer der beiden Knoten die Quittierungs-Nachricht (2) des
jeweils anderen Knoten auf seine abgesendete Nachricht zur
Signalisierung einer Anwesenheit (1) empfängt.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
10 **dadurch gekennzeichnet,**
dass sich ein Knoten innerhalb eines ad-hoc-Netzwerkes
befindet, solange er innerhalb eines vorher festgelegten
Zeitintervalls (ΔT_4) seit dem letzten Empfangszeitpunkt
einer Nachricht zur Signalisierung einer Anwesenheit (1)
15 eines Knoten des ad-hoc-Netzwerkes eine weitere Nachricht
zur Signalisierung einer Anwesenheit (1) eines Knoten des
ad-hoc-Netzwerkes empfängt.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
20 **dadurch gekennzeichnet,**
dass eine gesicherte und/oder verschlüsselte symmetrische
Datenübertragung zwischen mindestens zwei innerhalb eines
ad-hoc-Netzwerkes befindlichen Knoten vorgenommen wird,
sobald einer der beiden Knoten eine weitere Quittierungs-
25 Nachricht (3) des jeweils anderen Knoten auf seine
abgesendete Quittierungs-Nachricht empfängt.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet,
30 dass die Identifizierung von benachbarten Knoten in einem
mobilen ad-hoc-Netzwerk einer Übertragungsweg-Planung,
bevorzugt einer Übertragungsweg-Planung nach dem
optimierten-Verbindungsstatus-Übertragungswegplanungs-
Protokoll, vorausgeht.
35
13. Mobiles ad-hoc-Netzwerk mit mindestens einem inner-
oder außerhalb des mobilen ad-hoc-Netzwerkes befindlichen
und eine Nachricht zur Signalisierung seiner Anwesenheit

(1) in einem bestimmten Zeitraster ($\Delta T_1, \Delta T_2, \Delta T_3$)
aussendenden Knoten und mindestens einem inner- oder
außerhalb des mobilen ad-hoc-Netzwerkes befindlichen, die
Nachricht zur Signalisierung der Anwesenheit (1) erstmalig
5 empfangenden und durch Aussendung einer Quittierungs-
Nachricht (2) quittierenden Knoten,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Zeitraster ($\Delta T_2, \Delta T_3$) zur Aussendung der Nachricht
zur Signalisierung der Anwesenheit (1) bei einem außerhalb
10 des ad-hoc-Netzwerkes befindlichen Knoten variiert ist.