

**Verfahren zur Integration von Netzteilnehmern in ein
ad-hoc-Netzwerk und zugehöriges ad-hoc-Netzwerk**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Integration von
5 Netzteilnehmern in ein zeitsynchronisiertes ad-hoc-
Netzwerk und zugehöriges ad-hoc-Netzwerk.

Moderne Funknetze sind als mobile ad-hoc-Netzwerke
realisiert. Ad-hoc-Netzwerke weisen keine Infrastruktur
10 zur Übertragung des Sprach- bzw. Datenverkehrs zwischen
den einzelnen Netzteilnehmern auf. Die einzelnen
Netzteilnehmer eines ad-hoc-Netzwerkes organisieren
vielmehr die Übertragung des Sprach- bzw. Datenverkehrs
selbst untereinander.

15 Eine ganz wesentliche Aufgabe in der Organisation und im
Betrieb eines ad-hoc-Netzwerkes ist die zeitliche
Synchronisierung der einzelnen Netzteilnehmer. Dabei
werden zur Verhinderung einer Störung des
20 Übertragungsverkehrs Frequenzsprungverfahren eingesetzt.
Hierbei wird die Trägerfrequenz der Übertragung in einem
bestimmten Zeitablauf nach einem bestimmten Frequenzmuster
geändert. Das Frequenzmuster der Trägerfrequenz über der
Zeit ist den einzelnen Netzteilnehmern eines ad-hoc-
25 Netzwerkes bekannt. Damit alle Netzteilnehmer eines ad-
hoc-Netzwerkes zum selben Zeitpunkt von einer
Trägerfrequenz zur nächsten Trägerfrequenz des
Frequenzmusters umschalten, benötigen sie eine identische
Referenzzeit. Hierzu erfolgt in einem bestimmten
30 Zeitraster eine Zeitsynchronisierung zwischen allen
Netzteilnehmer des ad-hoc-Netzwerks.

Aus der WO 2011/154911 A1 sind eine Vorrichtung und ein
Verfahren zur Zeitsynchronisierung zwischen den

- Netzteilnehmern eines ad-hoc-Netzwerkes bekannt. Hierbei wird das gesamte ad-hoc-Netzwerk in einzelne Verbände - so genannte Cluster - aus regional benachbarten Netzteilnehmern aufgeteilt, die jeweils in Sende- bzw.
- 5 Empfangsreichweite zueinander positioniert sind. In diesem Fall erfolgt sowohl die Übertragung von Nutzdaten als auch die Zeitsynchronisierung innerhalb eines Clusters durch einen einzigen Übertragungsvorgang (so genannte one-hop-Übertragung). Neben dieser Intra-Zeitsynchronisierung
- 10 innerhalb der einzelnen Cluster erfolgt über eine Inter-Zeitsynchronisierung zwischen jeweils benachbarten Clustern eine Zeitsynchronisierung innerhalb des gesamten ad-hoc-Netzwerkes.
- 15 Um eine Störung der Zeitsynchronisierung zu minimieren bzw. zu verhindern, wird die kontinuierliche Zeitsynchronisierung innerhalb eines Clusters jeweils von abwechselnden Netzteilnehmern eines Clusters durchgeführt, die in Sende- bzw. Empfangsreichweite zu allen übrigen
- 20 Netzteilnehmern des Clusters positioniert sind. Dabei wird ein allen Netzteilnehmern des ad-hoc-Netzwerkes, insbesondere des Clusters, bekanntes, typischerweise kodierte Synchronisierbitmuster an die übrigen Netzteilnehmer des Clusters übertragen. Die übrigen
- 25 Netzteilnehmer des Clusters synchronisieren ihre interne Referenzzeit an der internen Referenzzeit des das Synchronisierbitmuster versendenden Netzteilnehmers, indem sie hierzu die in ihrer bisherigen internen Referenzzeit gemessene Empfangszeit des Synchronisierbitmuster, die in
- 30 ihrer bisherigen internen Referenzzeit gemessene Zeit seit dem gemeinsamen Aktivieren aller Netzteilnehmer des Clusters und die im Synchronisierbitmuster hinterlegte und in der internen Referenzzeit des sendenden Netzteilnehmers

gemessenen Sendezeit des Synchronisierbitmuster
vergleichen.

In mobilen ad-hoc-Netzwerken, ändern sich die Positionen
5 der einzelnen Netzteilnehmer ständig. Somit ändern sich
für jeden Netzteilnehmer über der Zeit die jeweils
regional benachbarten Netzteilnehmer des mobilen ad-hoc-
Netzwerkes, insbesondere die regional benachbarten
Netzteilnehmer im Cluster. Somit muss nicht nur die
10 Vermittlung der Sprach- bzw. Datenübertragung - so
genanntes Routing - zwischen dem sendenden Netzteilnehmer
und dem zugehörigen empfangenden Netzteilnehmer in einem
ad-hoc-Netzwerk, sondern auch die Zusammensetzung eines
Clusters aus sich ständig ändernden Netzteilnehmern und
15 die Zeitsynchronisierung zwischen den sich ständig
ändernden Netzteilnehmern innerhalb eines Clusters
kontinuierlich angepasst werden.

Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, ein Verfahren zur
20 Integration von neuen Netzteilnehmern in bestehende
zeitsynchronisierte Cluster eines mobilen ad-hoc-
Netzwerkes und die Zeitsynchronisierung des in den Cluster
integrierten Netzteilnehmers mit den übrigen
Netzteilnehmern des Clusters und ein entsprechend
25 ausgelegtes mobiles ad-hoc-Netzwerk zu schaffen.

Die Aufgabe wird durch ein erfindungsgemäßes Verfahren zur
Integration von Netzteilnehmern in ein
zeitsynchronisiertes ad-hoc-Netzwerk mit den Merkmalen des
30 Patentanspruchs 1 und durch ein erfindungsgemäßes ad-hoc-
Netzwerk mit den Merkmalen des Patentanspruchs 16 gelöst.
Vorteilhafte technische Erweiterungen sind in den jeweils
abhängigen Patentansprüchen aufgeführt.

Da die Organisation des Betriebs eines Clusters, insbesondere für die Zeitsynchronisierung innerhalb eines Clusters der Fall des Entferns eines Netzteilnehmers aus dem Clusters, im Vergleich zum Fall der Integration eines
5 Netzteilnehmers in ein Cluster unproblematisch ist, wird im Folgenden nur der Fall der Integration eines Netzteilnehmers in ein Cluster betrachtet.

Auf der Basis der in einem mobilen ad-hoc-Netzwerk
10 gebildeten Verbände von jeweils regional benachbarten Netzteilnehmern und der Zeitsynchronisierung aller Netzteilnehmer innerhalb jedes Verbandes ermittelt ein in einem Verband jeweils ausgewählter Netzteilnehmer, der an der Peripherie des jeweiligen Verbandes positioniert ist,
15 die in den jeweiligen Verband zu integrierenden Netzteilnehmer. Durch die Auswahl eines Netzteilnehmers an der Peripherie des jeweiligen Verbandes ist es möglich, möglichst viele potentiell in den jeweiligen Verband zu integrierende Netzteilnehmer zu identifizieren. Die für
20 die Integration identifizierten Netzteilnehmer werden anschließend mit den Netzteilnehmern des jeweiligen Verbandes zeitsynchronisiert.

Eine Identifizierung von in den jeweiligen Verband zu
25 integrierenden Netzteilnehmern wird bevorzugt in bestimmten Zeitabständen wiederholt, wobei für die Identifizierung bevorzugt ein jeweils unterschiedlicher Netzteilnehmer des jeweiligen Verbandes ausgewählt wird.

30 Zusätzlich sind vorzugsweise die die Identifizierung von in den jeweiligen Verband zu integrierenden Netzteilnehmer durchführenden Netzteilnehmer bevorzugt so auszuwählen, dass sie maximal in der Sende- bzw. Empfangsreichweite einer vorher festgelegten Anzahl von Netzteilnehmern, die

einem mit dem ad-hoc-Netzwerk zeitsynchronisierten Verband angehören, stehen bzw. dass sie im Idealfall in der Sende- bzw. Empfangsreichweite von keinem Netzteilnehmer, der einem mit dem ad-hoc-Netzwerk zeitsynchronisierten Verband angehört, stehen. Andernfalls ist mit einer hohen Wahrscheinlichkeit zu rechnen, dass alle in der Sende- bzw. Empfangsreichweite des ausgewählten Netzteilnehmers befindlichen Netzteilnehmer bereits in einem mit dem ad-hoc-Netzwerk zeitsynchronisierten Verband integriert sind, und es somit für den ausgewählten Netzteilnehmer unwahrscheinlich ist, einen in den eigenen Verband zu integrierenden Netzteilnehmer zu identifizieren. Die hierfür erforderliche Kenntnis über die in unmittelbarer regionaler Nachbarschaft eines Netzteilnehmers eines mobilen ad-hoc-Netzwerkes befindlichen Netzteilnehmer wird mit einem proaktiven Routing-Verfahren ständig aktualisiert.

Um einerseits die Übertragungseffizienz in einem mobilen ad-hoc-Netzwerk durch die Zeitsynchronisierung nicht unnötig zu verschlechtern und andererseits die Störung der Zeitsynchronisierung durch einen Dritten weitestmöglich zu unterbinden, wird bevorzugt die Zeitsynchronisierung in einzelnen ersten Zeitintervallen durchgeführt, die jeweils eine gleich bleibende minimal mögliche Dauer aufweisen und in einem statistisch schwankenden Zeitabstand zueinander beabstandet sind.

Die Zeitsynchronisierung innerhalb eines Verbandes wird vorzugsweise durch einen Netzteilnehmer des Verbandes durchgeführt, der in Sende- bzw. Empfangsreichweite zu allen übrigen Netzteilnehmern positioniert ist, um eine Erreichbarkeit und damit eine gemeinsame Zeitsynchronisierung aller Netzteilnehmer des jeweiligen

Verbandes zu erreichen. Der Netzteilnehmer versendet zur Zeitsynchronisierung in einem ersten Zeitintervall eine allen Netzteilnehmern des ad-hoc-Netzwerkes bekannte Information zur Zeitsynchronisierung.

5

Die Zeitsynchronisierung innerhalb eines Verbandes von Netzteilnehmern wird bevorzugt ausgesetzt, solange sich die Anzahl von Netzteilnehmern innerhalb des jeweiligen Verbandes nicht ändert, um eine unnötige Verschlechterung
10 der Übertragungseffizienz im ad-hoc-Netzwerk zu vermeiden.

In einer ersten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung identifiziert der im jeweiligen Verband ausgewählte Netzteilnehmer einen einzelnen Netzteilnehmer, der in
15 Sende- bzw. Empfangsreichweite zum ausgewählten Netzteilnehmer positioniert ist und beabsichtigt, dem ad-hoc-Netzwerk beizutreten.

In einer zweiten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung identifiziert der im jeweiligen Verband ausgewählte
20 Netzteilnehmer einen ganzen Verband von zueinander zeitsynchronisierten Netzteilnehmern, der beabsichtigt, dem ad-hoc-Netzwerk beizutreten, und der einen Netzteilnehmer in Sende- bzw. Empfangsreichweite zum
25 ausgewählten Netzteilnehmer des jeweiligen mit dem ad-hoc-Netzwerk zeitsynchronisierten Verbands aufweist.

In einer ersten bevorzugten Variante der Erfindung, die sowohl in der ersten Ausführungsform als auch in der
30 zweiten Ausführungsform der Erfindung realisierbar ist, erfolgt durch den ausgewählten Netzteilnehmer des jeweiligen mit dem ad-hoc-Netzwerk zeitsynchronisierten Verbandes die Suche nach einem einzelnen Netzteilnehmer oder nach einem Verband von zueinander

zeitsynchronisierten Netzteilnehmern, der beabsichtigt bzw. die beabsichtigen, in den mit dem ad-hoc-Netzwerk zeitsynchronisierten Verband beizutreten.

5 Hierzu versendet der ausgewählte Netzteilnehmer in der ersten Ausführungsform der Erfindung eine Information zur Suche eines zu integrierenden Netzteilnehmers. Die Identifizierung des in den jeweiligen mit dem ad-hoc-Netzwerk zeitsynchronisierten Verband zu integrierenden
10 Netzteilnehmers ist mit dem Empfang der Quittierung der Information zur Suche eines zu integrierenden Netzteilnehmers abgeschlossen, die der Netzteilnehmer mit der Absicht zur Integration in das ad-hoc-Netzwerk zurücksendet.

15 In der zweiten Ausführungsform der Erfindung versendet der ausgewählte Netzteilnehmer ebenfalls eine Information zur Suche eines zu integrierenden Netzteilnehmers. Die Identifizierung des Verbandes, der beabsichtigt, in den
20 jeweiligen mit dem ad-hoc-Netzwerk zeitsynchronisierten Verband beizutreten, ist mit dem Empfang der Quittierung der Information zur Suche eines zu integrierenden Netzteilnehmers abgeschlossen, die der in Sende- bzw. Empfangsreichweite zum ausgewählten Netzteilnehmer
25 positionierte Netzteilnehmer des Verbandes mit der Absicht zur Integration in das ad-hoc-Netzwerk zurücksendet.

In einer zweiten bevorzugten Variante der Erfindung, die ebenfalls sowohl in der ersten Ausführungsform als auch in
30 der zweiten Ausführungsform der Erfindung realisierbar ist, erfolgt die Suche nach einem mit dem ad-hoc-Netzwerk zeitsynchronisierten Verband, in den ein einzelner Netzteilnehmer oder ein Verband von zueinander zeitsynchronisierten Netzteilnehmern beizutreten

beabsichtigt, durch den einzelnen Netzteilnehmer oder einen zum Verband von zueinander zeitsynchronisierten Netzteilnehmern gehörigen Netzteilnehmer, der jeweils in Sende- bzw. Empfangsreichweite zum ausgewählten

5 Netzteilnehmers des jeweiligen mit dem ad-hoc-Netzwerk zeitsynchronisierten Verbandes positioniert ist.

Der in Sende- bzw. Empfangsreichweite zu einem ausgewählten Netzteilnehmer eines zum ad-hoc-Netzwerk

10 zeitsynchronisierten Verbandes positionierte einzelne Netzteilnehmer oder Netzteilnehmer eines Verbandes von zueinander zeitsynchronisierten Netzteilnehmern sendet vorzugsweise im Hinblick auf eine Integration in einen mit dem ad-hoc-Netzwerk zeitsynchronisierten Verband eine

15 Information zur Suche eines zeitsynchronisierten Verbandes. Die Identifizierung des einzelnen Netzteilnehmers oder des Verbandes aus zueinander zeitsynchronisierten Netzteilnehmern, der beabsichtigt, in den jeweiligen mit dem ad-hoc-Netzwerk

20 zeitsynchronisierten Verband zu integrieren, ist mit dem Empfang der Information zur Suche eines zeitsynchronisierten Verbandes und einer anschließenden Quittierung dieser empfangenen Information durch den ausgewählten Netzteilnehmer des jeweiligen Verbandes

25 abgeschlossen.

Das Versenden der Information zur Suche eines zu integrierenden Netzteilnehmers, der Information zur Suche eines zeitsynchronisierten Verbandes und der Quittierung

30 dieser Information erfolgt vorzugsweise in hierfür vorgesehen zweiten Zeitintervallen, die im Hinblick auf eine optimierte Übertragungseffizienz und im Hinblick auf eine minimierte Aufklärung bzw. Störung der Integration von Netzteilnehmern in das ad-hoc-Netzwerk durch einen

unberechtigten Dritten jeweils eine gleich bleibende minimal mögliche Dauer aufweisen und in einem gegenüber dem Zyklus der Zeitsynchronisierung weit größeren Zeitzyklus wiederholt werden.

5

Durch die Integration von neuen Netzteilnehmern in bestehende Verbände des ad-hoc-Netzwerkes können Verbände von Netzwerken entstehen, die keinen einzigen Netzteilnehmer aufweisen, der zu jedem übrigen

10 Netzteilnehmer des neu entstandenen Verbandes eine direkte Übertragungsverbindung (sog. One-Hop-Übertragung)

aufweist. Um die in diesem Fall auftretende Unmöglichkeit einer Zeitsynchronisierung aller Netzteilnehmer des somit neu entstandenen Verbandes zu vermeiden, wird bevorzugt

15 der neu entstandene Verband in mehrere Unter-Verbände geteilt, die jeweils mindestens einen Netzteilnehmer aufweisen, der zu jedem übrigen Netzteilnehmer des somit geteilten Verbandes eine direkte Übertragungsverbindung

aufweist und somit eine Zeitsynchronisierung mit den

20 übrigen Netzteilnehmern des geteilten Verbandes verwirklichen kann.

Schließlich werden vorzugsweise die in einen Verband neu integrierten Netzteilnehmer unmittelbar oder nach einer

25 optional durchgeführten Teilung des durch die Integration neu entstandenen Verbandes mit den übrigen Netzteilnehmern des neu entstandenen geteilten oder ungeteilten Verbandes durch einen Netzteilnehmer mit einer direkten

Übertragungsverbindung zu allen Teilnehmern des neu

30 entstandenen geteilten oder ungeteilten Verbandes zeitsynchronisiert.

Die einzelnen bevorzugten Ausführungsformen, Varianten und Untervarianten des erfindungsgemäßen Verfahrens zur

Integration von Netzteilnehmern in ein zeitsynchronisiertes ad-hoc-Netzwerk und ein zugehöriges erfindungsgemäßes ad-hoc-Netzwerk werden im Folgenden anhand der Zeichnung im Detail beispielhaft erläutert. Die

5 Figuren der Zeichnung zeigen:

- Fig. 1 eine Darstellung eines in mehrere Cluster eingeteilten mobilen ad-hoc-Netzwerkes,
- 10 Fig. 2A eine Darstellung eines Clusters eines mobilen ad-hoc-Netzwerkes und eines in den Cluster zu integrierenden Netzteilnehmers vor der Integration,
- 15 Fig. 2B eine Darstellung eines Clusters eines mobilen ad-hoc-Netzwerkes und eines in den Cluster zu integrierenden Netzteilnehmers nach der Integration,
- 20 Fig. 3A eine Darstellung eines Clusters eines mobilen ad-hoc-Netzwerkes und eines in den Cluster zu integrierenden weiteren Clusters vor der Integration,
- 25 Fig. 3B eine Darstellung eines Clusters eines mobilen ad-hoc-Netzwerkes und eines in den Cluster zu integrierenden weiteren Clusters nach der Integration,
- 30 Fig. 4 ein Flussdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Integration von Netzteilnehmern in ein zeitsynchronisiertes ad-hoc-Netzwerk und

Fig. 5 ein Zeitdiagramm zur Darstellung von ersten und zweiten Zeitintervallen.

Im Folgenden wird das erfindungsgemäße Verfahren zur
5 Integration von Netzteilnehmern in ein
zeitsynchronisiertes ad-hoc-Netzwerk anhand des
Flussdiagrammes in Fig. 4 und das zugehörige
erfindungsgemäße ad-hoc-Netzwerk ausgehend von Fig. 1
unter weiterer Berücksichtigung der Figuren 2A, 2B, 3A und
10 3B im Detail erläutert:

Im ersten Verfahrensschritt S10 des erfindungsgemäßen
Verfahrens werden gemäß Fig. 1 in einem ad-hoc-Netzwerk
100, das zu einem bestimmten Zeitpunkt aus einer
15 bestimmten Anzahl von Netzteilnehmern 1, 2, 3, ..., 18, 19
und 20 - beispielsweise mobilen Funkgeräten - besteht, die
untereinander Sprache und/oder Daten austauschen, Verbände
- so genannte Cluster - 30, 40, 50, 60, 70 und 80 von
jeweils regionalen benachbarten Netzteilnehmern 1, 2,
20 3, ..., 18, 19 und 20 gebildet.

Die Bildung der Cluster 30, 40, 50, 60, 70 und 80 erfolgt
vorzugsweise so, dass über einen zentralen Netzteilnehmer
des Clusters - in Fig. 1 der Netzteilnehmer 1 oder 2 in
25 Cluster 30, der Netzteilnehmer 3 in Cluster 40, der
Netzteilnehmer 18 in Cluster 50, der Netzteilnehmer 10, 12
oder 13 in Cluster 60, der Netzteilnehmer 5 in Cluster 70
und der Netzteilnehmer 14 oder 17 in Cluster 80 - eine
Datenübertragung mit den übrigen Netzteilnehmern des
30 jeweiligen Clusters in einem einzigen Übertragungsschritt
- so genannte One-Hop-Übertragung - durchgeführt werden
kann.

Für die Bildung der einzelnen Verbände können die von jedem Netzteilnehmer des ad-hoc-Netzwerkes im Rahmen eines proaktiven Routing-Verfahrens ermittelbaren Kenntnisse über die Topologie des ad-hoc-Netzwerkes und damit über
5 die relativen Positionen der einzelnen Netzteilnehmer im ad-hoc-Netzwerk herangezogen werden. Typischerweise sendet ein Netzteilnehmer, der im Initialisierungszeitpunkt des ad-hoc-Netzwerkes mit keinem weiteren Netzteilnehmer des ad-hoc-Netzwerkes zeitsynchronisiert ist und damit auch
10 noch nicht in einen Verband von zueinander gehörigen Netzteilnehmern eingebunden ist, ein Synchronisierungssignal an alle Netzteilnehmer, die in Sende- bzw. Empfangsreichweite zum sendenden Netzteilnehmer positioniert sind. Nach einer Quittierung
15 des Synchronisierungssignals, das typischerweise eine allen Netzteilnehmern des ad-hoc-Netzwerkes bekannte Synchronisier-Bitsequenz ist, durch die mit dem sendenden Netzteilnehmer in einer direkten Übertragungsverbindung stehenden Netzteilnehmer ist ein Verband von
20 Netzteilnehmern generiert. Mit der Versendung des Synchronisierungssignals und der zugehörigen Quittierung werden typischerweise auch Identifizierungs-Merkmale der jeweiligen Netzteilnehmer, soweit sie für die Bildung eines Verbandes von Netzteilnehmern erforderlich sind,
25 ausgetauscht.

Mit der Generierung einzelner Verbände von jeweils regional benachbarten Netzteilnehmern in einem mobilen ad-hoc-Netzwerk 100 ist somit die erstmalige
30 Zeitsynchronisierung aller Netzteilnehmer innerhalb jedes Verbandes von Netzteilnehmern gemäß Verfahrensschritt S20 bereits durchgeführt. Da sich in einem mobilen ad-hoc-Netzwerk 100 die Topologie und damit die Position der einzelnen Netzteilnehmer kontinuierlich ändern kann, ist

eine wiederholte Zeitsynchronisierung aller Netzteilnehmer innerhalb eines Verbandes gemäß Verfahrensschritt S20 durchzuführen.

- 5 Diese Zeitsynchronisierung wird gemäß Fig. 5 in einzelnen ersten Zeitintervallen Z_1 mit einer minimal möglichen Dauer ΔZ_1 durchgeführt, die zur Minimierung einer Störung der Zeitsynchronisierung durch einen unberechtigten Dritten in statistisch schwankenden Zeitabständen dZ_1
- 10 zueinander zeitlich beanstandet sind. Ändert sich die Zusammensetzung eines Verbandes aus jeweils regional benachbarten Netzteilnehmern über einen längeren Zeitraum nicht, so kann die in aufeinander folgenden ersten Zeitintervallen Z_1 durchzuführende Zeitsynchronisierung im
- 15 Hinblick auf eine optimierte Übertragungseffizienz im ad-hoc-Netzwerk ausgesetzt werden.

- Neben dieser Zeitsynchronisierung innerhalb der einzelnen Cluster bzw. Verbände des ad-hoc-Netzwerkes - so genannte
- 20 Intra-Zeitsynchronisierung - ist auch eine Zeitsynchronisierung zwischen den einzelnen Clustern bzw. Verbänden des ad-hoc-Netzwerkes - so genannte Inter-Zeitsynchronisierung - wünschenswert, um eine Zeitsynchronität zwischen allen Netzteilnehmern des ad-
- 25 hoc-Netzwerkes 100 zu garantieren. Auf eine detaillierte Beschreibung der Inter-Zeitsynchronisierung wird an dieser Stelle verzichtet, da sie für den eigentlichen Erfindungsgedanken unwesentlich ist. Die Inter-Zeitsynchronisierung wird als solche vorausgesetzt und
- 30 kann beispielsweise der WO 2011/154911 A1 entnommen werden, deren Offenbarung hiermit durch Referenzierung einbezogen wird.

- Im nächsten Verfahrensschritt S30 wird in jedem gebildeten Verband 30, 40, 50, 60, 70 und 80 von jeweils regional benachbarten Netzteilnehmern ein Netzteilnehmer ausgewählt, der an der Peripherie des jeweiligen Verbandes positioniert ist und potentielle Netzteilnehmer für eine Integration in den eigenen Verband identifiziert. Im Verband 70 der Fig. 1 werden beispielsweise die Netzteilnehmer 6, 7 und 8 als Netzteilnehmer ausgewählt, die für eine Identifizierung von zu integrierenden Netzteilnehmern verantwortlich sind. Um wiederum die Störung der Integration von neuen Netzteilnehmern in bestehende zeitsynchronisierte Verbände von Netzteilnehmern und damit in das zeitsynchronisierte ad-hoc-Netzwerk weitestmöglich zu verhindern, werden die in aufeinander folgenden ersten Zeitintervallen Z_1 jeweils durchzuführenden Identifizierungsvorgänge durch jeweils einen anderen ausgewählten Netzteilnehmer des jeweiligen zeitsynchronisierten Verbandes durchgeführt.
- Für die Reihenfolge, in der an der Peripherie der jeweiligen Verbände positionierte Netzteilnehmer erfindungsgemäß ausgewählt werden, wird beispielsweise die Höhe der Identifizierungsnummer des jeweiligen Netzteilnehmers im ad-hoc-Netzwerk herangezogen.
- Alternativ können auch andere Kriterien für die Reihenfolge, in der Netzteilnehmer an der Peripherie des jeweiligen Verbandes zur Identifizierung von zu integrierenden Netzteilnehmern ausgewählt werden, herangezogen werden und sind von der Erfindung mit abgedeckt.

Neben dem Kriterium der Position an der Peripherie eines jeweiligen Verbandes zur Auswahl eines Netzteilnehmers zur Identifizierung von zu integrierenden Netzteilnehmern sind

bevorzugt Netzteilnehmer auszuwählen, die innerhalb der Sende- bzw. Empfangsreichweite von maximal einer vorher festgelegten Anzahl von zu einem anderen Verband des ad-hoc-Netzwerkes gehörigen Netzteilnehmern positioniert sind. Idealerweise sind insbesondere diejenigen Netzteilnehmer für eine Identifizierung von zu integrierenden Netzteilnehmer auszuwählen, die außerhalb der Sende- bzw. Empfangsreichweite von jedem Netzteilnehmer aller übrigen Verbände des ad-hoc-Netzwerkes positioniert sind. Auf diese Weise ist es wahrscheinlicher, dass ein derart ausgewählter Netzteilnehmer in seinen Verband zu integrierende Netzteilnehmer identifiziert, die nicht bereits einem anderen Verband des ad-hoc-Netzwerkes angehören.

Im darauf folgenden Verfahrensschritt S40 erfolgt die Identifizierung von in einen jeweiligen Verband des ad-hoc-Netzwerkes 100 zu integrierenden Netzteilnehmern durch einen ausgewählten Netzteilnehmer des jeweiligen Verbandes.

In einer ersten Variante der Erfindung erfolgt die Initiative der Identifizierung von in einem Verband des ad-hoc-Netzwerkes zu integrierenden Netzteilnehmern durch den im jeweiligen Verband ausgewählten Netzteilnehmer. Hierzu versendet der ausgewählte Netzteilnehmer in einem der zweiten Zeitintervalle eine Information zur Suche eines zu integrierenden Netzteilnehmers.

Die fixen zeitlichen Abstände dZ_2 zwischen den einzelnen zweiten Zeitintervallen Z_2 und die fixen Dauer ΔZ_2 der einzelnen zweiten Zeitintervalle Z_2 gemäß Fig. 5 werden vorab durch das ad-hoc-Netzwerk 100 festgelegt und den einzelnen Netzteilnehmer des ad-hoc-Netzwerkes 100

kommuniziert. Hierbei sind die zeitlichen Abstände dZ_2 zwischen den einzelnen zweiten Zeitintervallen Z_2 deutlich größer als die zeitlichen Abstände dZ_1 zwischen den einzelnen ersten Zeitintervallen Z_1 dimensioniert, da die
5 Dauer ΔZ_2 eines zweiten Zeitintervalls Z_2 im Vergleich zur Dauer ΔZ_1 eines ersten Zeitintervalls Z_1 deutlich größer anzuberaumen ist und somit die Übertragungseffizienz im ad-hoc-Netzwerk 100 auf ein vertretbares Niveau gehalten wird.

10

Einzelne Netzteilnehmer, die mit dem ad-hoc-Netzwerk 100 noch nicht zeitsynchronisiert sind und innerhalb der Sende- bzw. Empfangsreichweite des ausgewählten Netzteilnehmer positioniert sind (der einzelne
15 Netzteilnehmer 21 befindet sich innerhalb der in Fig. 2A gestrichelt dargestellten Sende- bzw. Empfangsreichweite des ausgewählten Netzteilnehmers 7), oder Netzteilnehmer, die einem Verband von zueinander zeitsynchronisierten Netzteilnehmern angehören, der noch nicht mit dem ad-hoc-
20 Netzwerk 100 zeitsynchronisiert ist, und innerhalb der Sende- bzw. Empfangsreichweite des ausgewählten Netzteilnehmer positioniert sind (der Netzteilnehmer 21, der dem Verband von zueinander zeitsynchronisierten Netzteilnehmern 21, 22 und 23 angehört, befindet sich
25 innerhalb der in Fig. 3A gestrichelt dargestellten Sende- bzw. Empfangsreichweite des ausgewählten Netzteilnehmer 7) quittieren die empfangene Information zur Suche eines zu integrierenden Netzteilnehmers innerhalb des zweiten Zeitintervalls Z_2 . Mit dem Empfang der Quittierung ist die
30 Identifizierung von in den jeweiligen Verband zu integrierenden Netzteilnehmern durch den im jeweiligen Verband ausgewählten Netzteilnehmer im Wesentlichen abgeschlossen. Mit der Quittierung der Information zur Suche eines zu integrierenden Netzteilnehmers erhält der

im jeweiligen Verband ausgewählte Netzteilnehmer
Identifizierungsdaten der zu integrierenden
Netzteilnehmer.

- 5 In einer zweiten Variante der Erfindung erfolgt die
Initiative der Identifizierung von in einem Verband des
ad-hoc-Netzwerkes zu integrierenden Netzteilnehmern durch
den einzelnen Netzteilnehmer, der noch nicht in einem
Verband von Netzteilnehmern des zeitsynchronisierten ad-
10 hoc-Netzwerks 100 integriert ist und eine Integration
beabsichtigt, oder durch einen Netzteilnehmer, der einem
Verband von zueinander zeitsynchronisierten
Netzteilnehmern angehört, der noch nicht einem Verband von
Netzteilnehmern des zeitsynchronisierten ad-hoc-Netzwerkes
15 100 angehört oder mit dem ad-hoc-Netzwerk 100 noch nicht
zeitsynchronisiert ist und eine Integration beabsichtigt.
Der einzelne Netzteilnehmer mit Integrationsabsicht oder
der zu einem Verband von zeitsynchronisierten
Netzteilnehmern mit Integrationsabsicht gehörige
20 Netzteilnehmer, die bzw. der jeweils innerhalb der Sende-
bzw. Empfangsreichweite eines ausgewählten Netzteilnehmers
in einem mit dem ad-hoc-Netzwerk zeitsynchronisierten
Verband positioniert sind bzw. ist, versenden bzw.
versendet jeweils innerhalb eines zweiten Zeitintervalls
25 Z_2 eine Information zur Suche eines zeitsynchronisierten
Verbandes.

- Die Identifizierung eines einzelnen zu integrierenden
Netzteilnehmers oder eines Verbandes von zueinander
30 zeitsynchronisierten Netzteilnehmern in einen mit dem ad-
hoc-Netzwerk zeitsynchronisierten Verband von jeweils
regional benachbarten Netzteilnehmern ist mit dem Empfang
der Information zur Suche eines zeitsynchronisierten
Verbandes und der Versendung einer Quittierung dieser

Informationen durch den ausgewählten Netzteilnehmer eines mit dem ad-hoc-Netzwerk zeitsynchronisierten Verbandes abgeschlossen. Mit dem Empfang der Information zur Suche eines zeitsynchronisierten Verbandes erhält der jeweils
5 ausgewählten Netzteilnehmer zusätzlich auch Identifizierungsdaten der zu integrierenden Netzteilnehmer, während die zu integrierenden Netzteilnehmer mit der Quittierung der Information Identifizierungsdaten der im jeweiligen Verband bereits
10 enthaltenen Netzteilnehmer erhalten.

Im darauf folgenden Verfahrensschritt S50 erfolgt optional eine geeignete Teilung der durch die Integration von mindestens einem Netzteilnehmer vergrößerten Verbände von
15 Netzteilnehmern, falls in einem derart geänderten Verband von Netzteilnehmern kein einziger Netzteilnehmer identifizierbar ist, der zu allen übrigen Netzteilnehmern eines derart geänderten Verbandes von Netzteilnehmern eine direkte Übertragungsverbindung besitzt. Diese Teilung
20 eines derart entstandenen Verbandes von Netzteilnehmern ist in diesem Fall erforderlich, da eine Zeitsynchronisierung aller Netzteilnehmer in einem derart entstandenen Verband von Netzteilnehmern nicht möglich ist. Bei der Teilung eines derartigen Verbandes von
25 Netzteilnehmern sind somit Verbände von Netzteilnehmern zu bilden, in denen jeweils mindestens ein Netzteilnehmer enthalten ist, der zu allen übrigen Netzteilnehmern des geteilten Verbandes von Netzteilnehmern eine direkte Übertragungsverbindung aufweist.

30

Der in Fig. 2B dargestellte Verband 70' von Netzteilnehmern und der in Fig. 3B dargestellte Verband 70'' von Netzteilnehmern stellen Beispiele von derart geteilten Verbänden von Netzteilnehmern dar, die jeweils

einen Netzteilnehmer aufweisen, der mit allen übrigen Netzteilnehmern des geteilten Verbandes von Netzteilnehmern in einer direkten Übertragungsverbindung steht. Im Cluster 70' der Fig. 2B ist dies der
5 Netzteilnehmer 7 und im Cluster 70'' der Fig. 3B ist dies der Netzteilnehmer 21.

Im abschließenden Verfahrensschritt S60 werden die in den einzelnen geteilten oder ungeteilten Verbänden von
10 Netzteilnehmern integrierten Netzteilnehmer über einen Netzteilnehmer, der mit allen übrigen Netzteilnehmern des jeweiligen geteilten oder ungeteilten Verbandes von Netzteilnehmern in einer direkten Übertragungsverbindung steht, mit den übrigen Netzteilnehmern des jeweiligen
15 geteilten oder ungeteilten Verbandes von Netzteilnehmern durch Versendung einer Information zur Zeitsynchronisierung, bevorzugt einer kodierten Synchronisier-Bitsequenz, zeitsynchronisiert.

20 Die Erfindung ist nicht auf die dargestellten Ausführungsformen, Varianten und Untervarianten beschränkt. Von der Erfindung sind insbesondere alle Kombinationen aller in den einzelnen Patentansprüchen beanspruchten Merkmale, aller in der Beschreibung
25 offenbarte Merkmale und aller in den Figuren der Zeichnung dargestellte Merkmale mit abgedeckt.

Ansprüche

1. Verfahren zur Integration von Netzteilnehmern in ein zeitsynchronisiertes ad-hoc-Netzwerk (100) mit folgenden
5 Verfahrensschritten:
- Bilden von einzelnen Verbänden (30,40,50,70,80) von jeweils regional benachbarten Netzteilnehmern (1,2,...,19,20),
 - Zeitsynchronisieren der Netzteilnehmer (1,2,...,19,20)
10 innerhalb jedes Verbandes (30,40,50,70,80),
 - Auswählen eines Netzteilnehmers (7) an der Peripherie jedes Verbandes (70) zum Identifizieren von mindestens einem in den jeweiligen Verband (70) zu integrierenden Netzteilnehmer (21;21,22,23) und
 - 15 • Zeitsynchronisieren der Netzteilnehmer (5,7;7) des jeweiligen Verbandes (70;70';70'') mit jedem identifizierten Netzteilnehmer (21;21,22,23).
2. Verfahren nach Anspruch 1,
20 **dadurch gekennzeichnet,**
dass das Identifizieren von mindestens einem in den jeweiligen Verband (70) zu integrierenden Netzteilnehmer (21;21,22,23) wiederholt mit jeweils einem unterschiedlichen ausgewählten Netzteilnehmer (7)
25 durchgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass der ausgewählte Netzteilnehmer (7) auf diejenigen
30 Netzteilnehmer eines Verbandes beschränkt ist, die innerhalb der Sende- bzw. Empfangsreichweite von einer vorher festgelegten maximalen Anzahl von zu einem anderen Verband jeweils gehörigen Netzteilnehmer positioniert sind.
35
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,

dass der ausgewählte Netzteilnehmer (7) auf diejenigen Netzteilnehmer eines Verbandes beschränkt ist, die außerhalb der Sende- bzw. Empfangsreichweite von jedem Netzteilnehmer aller übrigen Verbände positioniert sind.

5

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,

dass das Zeitsynchronisieren der Netzteilnehmer
(1,2,...,19,20) eines Verbandes (30,40,50,70,80) jeweils in
10 ersten Zeitintervallen (Z_1) von bekannter fester Länge
(ΔZ_1) erfolgt, die in einem statistisch schwankenden
zeitlichen Abstand (dZ_1) voneinander beabstandet sind.

6. Verfahren nach Anspruch 5,

15 **dadurch gekennzeichnet,**

dass das Zeitsynchronisieren der Netzteilnehmer
(1,2,...,19,20) eines Verbandes (30,40,50,70,80) durch einen
Netzteilnehmer des jeweiligen Verbandes erfolgt, der in
Sende- bzw. Empfangsreichweite zu allen übrigen
20 Netzteilnehmern des jeweiligen Verbandes positioniert ist
und in einem ersten Zeitintervall (Z_1) eine allen
Netzteilnehmern (1,2,...,19,20) des ad-hoc-Netzwerkes (100)
bekannte Information zum Zeitsynchronisieren versendet.

25 7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Zeitsynchronisieren der Netzteilnehmer
(1,2,...,19,20) eines Verbandes (30,40,50,70,80)
unterbleibt, falls sich die Anzahl der Netzteilnehmer in
30 einem Verband nicht ändert.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,

dadurch gekennzeichnet,

dass der ausgewählte Netzteilnehmer (7) zum Identifizieren
35 von mindestens einem in den jeweiligen Verband
(70;70';70'') zu integrierenden Netzteilnehmer
(21;21,22,23) eine Information zur Suche eines zu
integrierenden Netzteilnehmers versendet.

9. Verfahren nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein Netzteilnehmer (21), der sich in Sende- bzw.
5 Empfangsreichweite des ausgewählten Netzteilnehmers (7)
befindet und beabsichtigt, sich in das ad-hoc-Netzwerk
(100) zu integrieren, die Information zur Suche eines zu
integrierenden Netzteilnehmers im Hinblick auf die
Identifizierung eines in den jeweiligen Verband
10 (70;70';70'') zu integrierenden Netzteilnehmers
(21;21,22,23) quittiert.
10. Verfahren nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
15 dass ein Netzteilnehmer (21), der sich in Sende- bzw.
Empfangsreichweite des ausgewählten Netzteilnehmers (7)
befindet und der einem Verband von zueinander
synchronisierten Netzteilnehmern (21,22,23) angehört, die
beabsichtigen, sich in das ad-hoc-Netzwerk (100) zu
20 integrieren, die Information zur Suche eines zu
integrierenden Netzteilnehmers im Hinblick auf die
Identifizierung der in den jeweiligen Verband zu
integrierenden Netzteilnehmer quittiert.
- 25 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein einzelner Netzteilnehmer (21) oder ein zu einem
Verband von zueinander synchronisierten Netzteilnehmern
(21,22,23) gehörender Netzteilnehmer (21), der bzw. die
30 beabsichtigen, sich in das ad-hoc-Netzwerk (100) zu
integrieren, eine Information zur Suche eines
zeitsynchronisierten Verbandes versendet.
12. Verfahren nach Anspruch 11,
35 **dadurch gekennzeichnet,**
dass ein ausgewählter Netzteilnehmer (7) eines
zeitsynchronisiertes Verbandes (70), der sich in Sende-
bzw. Empfangsreichweite des die Information zur Suche

eines zeitsynchronisierten Verbandes versendenden
Netzteilnehmers (21) befindet, im Hinblick auf die
Identifizierung des bzw. der in den jeweiligen Verband zu
integrierenden Netzteilnehmer(s) (21;21,22,23) die
5 Information zur Suche eines zeitsynchronisierten Verbandes
quittiert.

13. Verfahren nach Anspruch 9, 10 oder 12,
dadurch gekennzeichnet,
10 dass das Versenden der Information zur Suche eines zu
integrierenden Netzteilnehmers, der Information zur Suche
eines zeitsynchronisierten Verbandes und der Quittierung
in vorher festgelegten zweiten Zeitintervallen Z_2 erfolgt.

15 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass jeder Verband nach der Identifizierung von mindestens
einem zu integrierenden Netzteilnehmer im Hinblick auf
eine Erstellung von Verbänden, in denen jeweils mindesten
20 ein Netzteilnehmer in Sende- bzw. Empfangsreichweite zu
allen übrigen Netzteilnehmern des Verbandes vorhanden ist,
bei Bedarf in mehrere Verbände geteilt wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 14,
25 **dadurch gekennzeichnet,**
dass die Zeitsynchronisierung des mindestens einen für die
Integration in den jeweiligen Verband identifizierten
Netzteilnehmers mit den bisherigen Netzteilnehmern des
jeweiligen Verbandes, der nach der Integration von
30 mindestens einem Netzteilnehmer entweder ungeteilt oder
geteilt ist, in einem auf einem zweiten Zeitintervall (Z_2)
jeweils folgenden ersten Zeitintervall (Z_1) erfolgt.

16. Ad-hoc-Netzwerk (100) mit mindestens einem
35 zeitsynchronisierten Verband (30,40,50,70,80) von jeweils
regional benachbarten Netzteilnehmern (1,2,...,19,20) und
mindestens einem an der Peripherie des jeweiligen
zeitsynchronisierten Verbandes (30,40,50,70,80)

ausgewählten Netzteilnehmer zum Ermitteln von mindestens einem in den jeweiligen zeitsynchronisierten Verband 30,40,50,70,80) zu integrierenden Netzteilnehmer, insbesondere zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 15.

17. Ad-hoc-Netzwerk nach Anspruch 16,
dadurch gekennzeichnet,
dass die ausgewählten Netzteilnehmer jeweils innerhalb der Sende- bzw. Empfangsreichweite von einer vorher festgelegten maximalen Anzahl von zu einem anderen zeitsynchronisierten Verband des ad-hoc-Netzwerkes (100) jeweils gehörigen Netzteilnehmern positioniert sind.

18. Ad-hoc-Netzwerk nach Anspruch 16 oder 17,
dadurch gekennzeichnet,
dass die ausgewählten Netzteilnehmer jeweils außerhalb der Sende- bzw. Empfangsreichweite jedes Netzteilnehmers aller übrigen zeitsynchronisierten Verbände positioniert sind.