



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 23 398 T2** 2007.08.23

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 264 449 B1**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H04L 12/56** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 23 398.0**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US01/05882**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 914 462.5**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2001/065784**

(86) PCT-Anmeldetag: **23.02.2001**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **07.09.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **11.12.2002**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **27.09.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **23.08.2007**

(30) Unionspriorität:  
**516479**                      **01.03.2000**                      **US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,  
LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR**

(73) Patentinhaber:  
**Motorola, Inc., Schaumburg, Ill., US**

(72) Erfinder:  
**EDWARDS, P., Carson, Phoenix, AZ 85045, US;  
LEEPER, G., David, Scottsdale, AZ 85260, US;  
FOSTER, I., Robert, Mesa, AZ 85215, US;  
WADDOUPS, O., Ray, Mesa, AZ 85205, US;  
DANIEL, Mordachai, Sam, Tempe, AZ 85283, US**

(74) Vertreter:  
**PAe Splanemann Reitzner Baronetzky  
Westendorp, 80469 München**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Datenkommunikation im selbstorganisierenden Netz mit Entscheidungsvorrichtung**

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

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

**Beschreibung**

## Bereich der Erfindung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur drahtlosen Kommunikation, und insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren für mobile Ad-hoc-Kommunikationsnetzwerke.

## Hintergrund der Erfindung

**[0002]** Drahtlose Datenkommunikationsvorrichtungen wie drahtlose Modems, WLANs, usw. werden immer beliebter, da die Preise fallen und die Datenübertragungsgeschwindigkeiten ansteigen. Es gibt zwei unterschiedliche Ansätze zum Ermöglichen der mobilen drahtlosen Kommunikation von Datenpaketen. Hier wird man erkennen, dass der Begriff "mobil" auf die klassische Weise im Sinne von beweglich sein oder in der Lage sein, sich direkt zu bewegen, zu verstehen ist.

**[0003]** Der erste Ansatz ist die Verwendung der vorhandenen Infrastruktur, wie Mobilfunknetze, herkömmliche Sprache und Datentelekommunikationsnetze oder dergleichen. Es ist ein Hauptproblem dieses Ansatzes, dass eine permanente Infrastruktur bereitgestellt sein muss. Im Allgemeinen basieren diese Netze auf statischen Hierarchien von Switches, Leitungen (trunks), Einspeisekabeln (feeder), Routern, Bridges, Backbones, Basisstationen und anderen Netzfunktionseinheiten. Die Topologie und Dienstabdeckungsbereiche dieser Netze müssen üblicherweise mit langen Vorbereitungszeiten im Voraus geplant werden. Sobald sie installiert sind, kann eine Veränderung der Netze kostspielig und zeitaufwändig sein. Diese Beschränkungen verhindern das schnelle Anwachsen und die Rekonfiguration der heutigen Sprach-, Text-, Daten- und Videoinformationsdienste. In Situationen, in denen eine sofortige Infrastruktur notwendig ist, wie beispielsweise bei Naturkatastrophen, Militärgefechten, usw. ist dies ein ernsthaftes Problem. Ein weiteres Problem dieses Ansatzes ist das Problem der Übergabe. Wenn sich ein mobiler Host aus dem Bereich einer Basisstation heraus und in den Bereich einer anderen Basisstation hinein bewegt, wie soll die Verbindung ohne erkennbare Verzögerung oder Verlust von Datenpaketen reibungslos an die neue Basisstation übergeben werden.

**[0004]** Ein zweiter Ansatz ist, Benutzer, die den Wunsch nach einer gemeinsamen Kommunikation haben, ein Ad-hoc-Netzwerk bilden und untereinander zusammenzuarbeiten zu lassen, um Datenpakete, üblicherweise über ein oder mehrere Zwischenknoten, von einem Ursprung an ihr Ziel zu liefern, wodurch viele der Infrastrukturprobleme gelöst werden. Diese Form der Vernetzung hat gegenüber herkömmlichen Mobilfunkssystemen zahlreiche Vorteile.

Ein Hauptvorteil ist allgemein, dass die Ad-hoc-Netzwerke nicht auf fest verdrahtete Basisstationen und andere festgelegten Infrastrukturen festgelegt sind. Ein zweiter Vorteil ist, dass das Ad-hoc-Netzwerk fehlertolerant ist. In einem Mobilfunksystem beeinträchtigt eine Störung in einer Basisstation alle Mobiltelefone in seiner Zelle. In Ad-hoc-Netzwerken kann eine Störung in einem Knoten durch eine Rekonfiguration des Netzwerks auf einfache Art und Weise bewältigt werden. Des Weiteren hat ein Ad-hoc-Netzwerk eine unbegrenzte Konnektivität, d.h. das Netzwerk ist nicht durch Verdrahtung, physikalische Verkabelung usw. begrenzt.

**[0005]** In bisherigen Ad-hoc-Netzwerkkonzepten umfasst jeder Knoten ein Entscheidungsmodul (Decision Engine), das Entscheidungen über Paketanordnungen als Funktion eines oder mehrerer typischer Parameter in Nahezu-Echtzeit trifft. Die Parameter umfassen die Paketzieladresse, Paket-Hop Count und die Paketart. Jeder Knoten in dem Netzwerk hat eine eindeutige Adresse und jedes Paket weist die Adresse seines Zielknotens auf. Jedes Mal, wenn ein Paket durch einen Repeater wiederaufbereitet wird (d.h. an den nächsten Knoten übertragen wird), wird ein das Paket begleitender Hop-Zähler erhöht. Somit hat jeder Knoten Zugriff auf einen Zähler von Verbindungen oder Knoten, die seit der Erzeugung des Pakets durchlaufen wurden. Als ein Beispiel einer Entscheidung, die von dem Entscheidungsmodul unter Verwendung dieses Parameters getroffen wurde, kann das Paket ein maximale Anzahl von Hops, die eingeleitet wurden, aufweisen. In den bisherigen Konzepten wiesen die Paketarten "Überschwemmungs" pakete (flood messages) auf, die erneut übertragen (durch einen Repeater weitergeleitet) werden sollten, solange die Hop-Zählung ein in dem Paket vorhandenes festgelegtes Maximum nicht überschreitet, sowie Datenpakete, die nur wiederholt werden, wenn die Hop-Zählung zu dem Ziel einen maximalen Wert nicht überschreitet.

**[0006]** Ein Hauptproblem bei Ad-hoc-Netzwerken gemäß dem Stand der Technik ist die Tatsache, dass ihr Bereich durch den Sendebereich der einzelnen Knoten begrenzt ist. Bei Ad-hoc-Netzwerken wird eine Nachricht von einem Knoten zum nächsten Knoten weitergeleitet, bis das Ziel erreicht ist. Somit können in stark ausgelasteten Ad-hoc-Netzwerken oder während verkehrsreicher Zeiten aufgrund von Störungen (gleichzeitige Übertragungen) mit anderen Paketen viele Pakete über zusätzliche Knoten übertragen werden, d.h. das Ziel oder ein geeigneter Pfad ist nicht verfügbar. In vielen Fällen kann dies viele zusätzliche Hops bei jedem Hop zur Folge haben, für den Strom aus der begrenzten Stromquelle (üblicherweise eine Batterie) eines jeden beteiligten Knotens verwendet wird. Des Weiteren kann in vielen Fällen ein Knoten zu viel Strom für die Kommunikation mit einem benachbarten Knoten verwenden oder

zu wenig Strom verwenden, so dass zahlreiche kleine Hops entstehen.

**[0007]** In der WO 98/56140 ist ein Verfahren zum Betrieb eines Kommunikationsnetzes beschrieben, in welchem eine Station eine Liste benötigter Sendeleistungen zum direkten oder indirekten Erreichen von anderen Stationen erstellt, um eine Bestimmung des Routings einer Nachricht von einer Ursprungsstation zu einer Zielstation zu ermöglichen.

**[0008]** Ein Sender erhöht die Sendeleistung bis ein Ziel erreicht ist.

**[0009]** In der vorliegenden Erfindung wird die Sendeleistung des Ursprungsknotens angepasst, bis die Anzahl der gleichartigen Knoten sowie zwei zusätzliche gleichartige Knoten die Übertragung empfangen.

#### Kurzbeschreibung der Zeichnungen

**[0010]** Mit Bezug auf die Zeichnungen:

**[0011]** [Fig. 1](#) ist ein Blockdiagramm eines selbstorganisierenden Netzwerks mit einem Entscheidungsmodul;

**[0012]** [Fig. 2](#) stellt Fraktalmodulationsübertragungen zwischen zwei gleichartigen Knoten dar;

**[0013]** [Fig. 3](#) erläutert die Knoten von [Fig. 2](#) in detaillierter Form; und

**[0014]** [Fig. 4](#) bis [Fig. 8](#) erläutern zahlreiche optimale Formen zum Ändern von Situationen innerhalb eines selbstorganisierenden Netzwerks.

#### Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

**[0015]** Bei der vorliegenden Erfindung handelt es sich um ein selbstorganisierendes Netzwerk, das auf Nahezu-Echtzeit-Entscheidungen zum Routen von paketierten Information bei lose vereinigten Netzelementen beruht. Im Allgemeinen bezeichnet man Netzwerke dieser Art als Ad-hoc-Netzwerke. Zum Zweck dieser Offenbarung ist ein Ad-hoc-Netzwerk eine Ansammlung von mobilen Hosts, die ohne das Vorhandensein jeglicher vorher vorhandener Netzinfrastruktur miteinander kommunizieren. Anpassungen, die zur Vergrößerung oder Rekonfiguration notwendig sind, werden von den einzelnen Netzelementen mit wenig oder keiner zentralen Befugnis oder Steuerung vorgenommen. Die Netzelemente umfassen eine Vielzahl von gleichartigen Knoten auf und können außerdem weitere verfügbare Knoten, wie Netzknotten mit außerordentlich hoher Leistung und/oder vorteilhafte geografische Standorte wie beispielsweise mobile Fahrzeuge, Turm antennen, erdumkreisende Satelliten usw. einschließen.

**[0016]** Der Begriff "gleichartig" wird in dieser Offenbarung verwendet, da jeder Knoten eine Instanz einer gemeinsamen Familienklasse von Knoten darstellt, die einen gemeinsamen Satz von Eigenschaften teilen. Gleichartige Knoten sind nicht unbedingt identisch. Manche gleichartigen Knoten können mobil, andere fest sein. Manche können drahtlose Verbindungen, fest verdrahtete oder beide Arten von Verbindungen verwenden. Manche können eine kurze Sendereichweite, und manche eine große oder sehr große Sendereichweite aufweisen. Aber sie teilen alle eine gemeinsame Eigenschaft: durch Reagieren auf Befehle und Anweisungen von lokalen oder entfernten Benutzern (von denen zumindest einige im Allgemeinen in den Datenpaketen enthalten sind), durch die Verarbeitung von Paketen für sich selbst und andere Knoten und (dadurch) Erfassen der Telekommunikationsumgebung, passen die gleichartigen Knoten ihr Verhalten (d.h. Sendeleistung, Frequenz, Bandbreite, usw.) auf eine Weise an, die es dem Netzwerk ermöglicht, selbstorganisierend, selbstkonfigurierend und selbstheilend zu sein.

**[0017]** Hub-Netzknotten können einen zusätzlichen, separaten Satz von Hauptleitungsfrequenzen und Modulationsschemen aufweisen, die für einen weiteren Sendebereich gedacht sind, auf den die kleineren gleichartigen Knoten nicht zugreifen können. Wenn ein Netzknotten ein Paket weiterleitet, leitet er es üblicherweise sowohl auf den Retransmissions-Frequenzen der gleichartigen Knoten als auch auf den Retransmissions-Frequenzen des Hub-Netzknottens weiter. Außer im Bezug auf diese zusätzlichen Eigenschaften ist der Betrieb und das Verhalten des Hub-Netzknottens und der gleichartigen Knoten gleich.

**[0018]** In [Fig. 1](#), auf die nachfolgend Bezug genommen wird, ist ein Blockdiagramm eines gleichartigen Knotens **10** erläutert, wie er in einem selbstorganisierenden Netz verwendet wird. Der gleichartige Knoten **10** umfasst drei elementare Abschnitte **11**, **12** und **17**. Der Abschnitt **11** umfasst Standardelemente, die eine Benutzereingabe/-ausgabe in Form von Sprache, Daten, Text, Video oder anderen Arten ermöglichen. Der Abschnitt **11** ermöglicht außerdem, dass der Benutzer steuern kann, ob und wie der gleichartige Knoten **10** zur Weiterleitung von Paketen von anderen Knoten in dem Netzwerk verwendet werden kann. Man wird erkennen, dass Benutzer diese Steuerung möglicherweise benötigen werden, um die Energie in einem Netzteil zu sparen, um bestimmte Sicherheitsbestimmungen in Kraft zu setzen oder um die Kosten der Dienste des Benutzers zu kontrollieren.

**[0019]** Der Abschnitt **12** umfasst Standardelemente, die einen Frequenzdiversityfunk mit Leistungssteuerung aufweisen. Frequenzsprünge (frequency hopping), Spreizspektren, CDMA, FDMA und Mehrfachband-Betrieb gehören zu den gut bekannten spek-

trumsteilenden und Frequenzdiversitytechnologien, die in Abschnitt 12 verwendet werden können. Der Abschnitt 12 umfasst des weiteren eine Leistungssteuerung, Bandbreitensteuerung und andere Standardfähigkeiten, die es dem gleichartigen Knoten 20 ermöglichen, die Anzahl der Knoten, mit denen er kommunizieren kann, zu regulieren. Leistungssteuerungsschaltungen sind gut bekannte Schaltungen, welche die Leistungsmenge anpassen, die von Leistungsverstärkern oder dergleichen in dem Sender zum Verändern des Sendebereichs verwendet werden. Fachleute in der Technik werden erkennen, dass die Leistungssteuerung in geeigneten Schritten oder in einer kontinuierlichen Steuerung erfolgen kann.

**[0020]** In einem vereinfachten Beispiel ist die Leistungseinstellung bei Einstellung zu niedrig, wenn sie so eingestellt ist, dass keine Einheit oder kein Empfänger in dem Netzwerk die Nachricht empfängt, und die Leistungseinstellung ist bei Einstellung zu hoch, wenn sie so eingestellt ist, dass jede Einheit oder jeder Empfänger in dem Netzwerk die Nachricht empfängt. Demnach passt das Entscheidungsmodul die Leistung so an, dass eine optimale Anzahl (im Allgemeinen ein kleiner Prozentsatz, beispielsweise 2% bis 5%, der Gesamtzahl von Einheiten in einem großen Netzwerk, das mehr als 10 Einheiten umfasst) von Einheiten die Nachricht empfängt. Dies wird schnell erreicht, indem die Leistungseinstellung (Erhöhen oder Verringern) in Schritten verändert wird, bis die optimale Anzahl von Empfangseinheiten während einer "Überschwemmung" direkt anspricht. Es sollte hier außerdem erwähnt werden, dass jede Empfangseinheit aus der empfangenen Nachricht die Leistungsmenge, die notwendig ist, um eine Nachricht an die anfragende Einheit zurückzugeben, leicht feststellen und ihr Entscheidungsmodul entsprechend anpassen kann. Diese Feststellung kann auf unterschiedliche Art und Weise durchgeführt werden. Eine davon ist, einfach eine Leistungseinstellung in der Nachricht einzufügen, und eine weitere, eine Schaltung in dem Entscheidungsmodul einzufügen, welche die empfangene Leistung angibt.

**[0021]** Eine optimale Anzahl von Empfangseinheiten kann außerdem festgestellt werden, indem ein Testpaket von dem Ursprungsknoten an zumindest einige aus der Vielzahl von gleichartigen Knoten bei einer bekannten Sendeleistung (im Allgemeinen eine niedrige Leistung) gesendet wird. Die Sendeleistung wird dann üblicherweise in Schritten angepasst, bis der Zielknoten den Empfang des Testpakets bestätigt. Die Anzahl der gleichartigen Knoten, die die Übertragung empfangen haben (Anzahl der Hops zwischen dem Ursprungsknoten und dem Zielknoten) wird dann festgestellt. Die Sendeleistung wird erneut angepasst, bis die festgestellte Anzahl von gleichartigen Knoten sowie zwei zusätzliche Knoten die Übertragung empfangen. Das Hinzufügen von zwei weiteren gleichartigen Knoten wird vorgenom-

men, um ein robustes System sicherzustellen, das in der Lage ist, eine zuverlässige Übertragung zwischen den gleichartigen Knoten durchzuführen.

**[0022]** Der Abschnitt 17, bei dem es sich um das Entscheidungsmodul handelt, verarbeitet Datenpakete, die von dem Abschnitt 12 über interne Leitungen 14 weitergeleitet wurden, und entscheidet, die Pakete über eine interne Leitung 18 zu Abschnitt 11 weiterzuleiten, die Pakete zur erneuten Übertragung an andere Knoten in dem Netzwerk über die interne Leitung 13 zurück zum Abschnitt 12 zu leiten und/oder die Pakete zu ignorieren. Die Steuerung der Abschnitte wird durch eine Steuerungsleitung 15, die zwischen den Abschnitten 12 und 17 verbunden ist, und eine Steuerungsleitung 16, die zwischen den Abschnitten 11 und 17 verbunden ist, erreicht. Der Abschnitt 17 umfasst logische Standardschaltungen und Steuerungen, die es dem zugehörigen Knoten (in diesem Beispiel der gleichartige Knoten 10) ermöglichen, Eigenschaften anzunehmen, die von einem einfachen Endbenutzer-Host über einen Hub-Netz-knoten mit großer Reichweite, einen Netz-knoten mit mittlerer Reichweite bis hin zu einem Netz-knoten mit kurzer Reichweite variieren können. Netz-knoten mit großer Reichweite können Pakete für andere Netz-knoten mit großer oder mittlerer Reichweite weiterleiten, um selbstkonfigurierende, verschachtelte Haupt-leitungssysteme zu bilden.

**[0023]** Das selbstorganisierende Netzwerk umfasst des Weiteren eine Fraktalmodulation, die, wie in den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) dargestellt, eine selbstanpassende Datenübertragungssteuerung verwendet. Eine frühe Verwendung von Fraktalen wird von Gregor W. Wornell in "Signal Processing with Fractals", Prentice Hall Signal Processing Series, ISBN: 0-13-120999-X offenbart.

**[0024]** Eine Fraktalmodulation kann in einem selbstorganisierenden Netzwerk zur Optimierung der Sendeleistung verwendet werden, wenn die Kanalbandbreite (Qualität) oder Dauer im Voraus nicht bekannt ist. Fraktalmodulation bietet Mehrfachratendiversity und es wird ermöglicht, dass ein Netzwerk bei fehlenden Kanalinformationen oder wo sich an eine Vielzahl von Kanälen angepasst werden muss (an viele übertragen werden soll), optimal funktioniert. Bei [Fig. 2](#) sendet der Knoten A eine Fraktaldarstellung eines Datenvektors  $p_i$  direkt an den Knoten B. [Fig. 3](#) erläutert einen in Knoten A vorhandenen Fraktalmodulator, der den Datenvektor  $p_i$  empfängt und moduliert, und eine passende Frequenz  $f_i$  an einen Fraktal-demodulator in Knoten B überträgt. Digitale Nachrichten werden gleichzeitig bei zahlreichen Raten (Symbole/Sekunde) als ein Fraktal übertragen, so dass die Datensequenz oder das Datenpaket  $n$  mal bei immer höher werdenden Modulationsraten dargestellt wird (siehe in [Fig. 2](#) dargestelltes Diagramm). Der Empfangsknoten B demoduliert dieses Fraktal

und akzeptiert den schnellsten Teil der Übertragung, die eine gewünschte Empfangssignalqualität erreicht. Bei Verwendung von IP/TCP-Protokollen sendet dann beispielsweise der Empfangsknoten B eine "Paket zufriedenstellend empfangen"-Nachricht zurück an den Ursprungsknoten A. Der Ursprungsknoten A beendet dann sofort jegliche weitere Übertragung dieser Fraktaldatensequenz und bereitet die Übertragung nachfolgender Sequenzen in gleicher Weise vor. Als Ergebnis passt sich die Übertragungsrates ohne jegliche vorherige Kenntniss des Kanals an die höchste passende Modulationsrate an. Dieselbe Fraktaltechnik wird sowohl für die anfängliche "Überschwemmungsnachricht" als auch für die Datennachrichten des selbstorganisierenden Netzwerks verwendet. Wenn dies erwünscht ist, kann die "Überschwemmungsnachricht" vollständig übertragen werden, so dass alle geeigneten Knoten in dem Netzwerk entdeckt werden.

**[0025]** Bei [Fig. 4](#), auf die nachfolgend Bezug genommen wird, ist ein zentralisiertes selbstorganisierendes Netzwerk **20** diagrammatisch erläutert. Das Netzwerk **20** umfasst einen zentralisierten Hub-Netz-knoten **21** und eine Vielzahl von gleichartigen Knoten **22**. Für den Empfang von allen gleichartigen Knoten **22** leitet der Netzknoten **21** typischerweise ein Datenpaket auf den Retransmissions-Frequenzen der gleichartigen Knoten weiter. Der Netzknoten **21** kann ein modifizierter gleichartigen Knoten oder ein spezieller Knoten sein, der gezielt für den Zweck, ein Netzknoten zu sein, bereitgestellt ist.

**[0026]** Bei [Fig. 5](#), auf die nachfolgend Bezug genommen wird, ist ein dezentralisiertes selbstorganisierendes Netzwerk **30** diagrammatisch erläutert. Eine Vielzahl von Hub-Netz-knoten **31** ist bereitgestellt und jeder Hub-Netz-knoten **31** weist eine Vielzahl von gleichartigen Knoten **32** auf, die ihm zugehörig sind. Jeder Hub-Netz-knoten **31** und seine zugehörigen gleichartigen Knoten **32** arbeiten ähnlich wie das zentralisierte Netzwerk **20** von [Fig. 4](#). Die Hub-Netz-knoten **31** haben jedoch einen zusätzlichen separaten Satz von Hauptleitungsfrequenzen und/oder Modulationsschemen zur Kommunikation über größere Reichweiten mit anderen Hub-Netz-knoten **31**. Im Allgemeinen können die gleichartigen Knoten **32** nicht auf den zusätzlichen Satz von Hauptleitungsfrequenzen und/oder Modulationsschemen zugreifen. Wenn ein Hub-Netz-knoten **31** ein Datenpaket weiterleitet, leitet er dieses typischerweise sowohl auf den Retransmissions-Frequenzen der gleichartigen Knoten als auch auf den Retransmissions-Frequenzen des Hub-Netz-knotens weiter.

**[0027]** Im dezentralisierten Netzwerk **30** wird bei allen Knoten **31** und **32** vorausgesetzt, dass sie den Regeln gehorchen, die notwendig sind, um Teil des Netzwerks **30** zu sein. In der tatsächlichen Praxis können Netzwerke ihre Reichweite ausdehnen, in-

dem sie vorhandene Informationssysteme über Gateways verwenden. Beispielsweise können die Leitungen bei den Hub-Netz-knoten **31** im dezentralisierten Netzwerk **30** herkömmliche drahtlose oder drahtgebundene Leitungen sein. So lange eine "Seite" der Hub-Netz-knoten **31** Pakete mit den gleichartigen Knoten austauschen kann, können die herkömmlichen Datentransporteinrichtungen verwendet werden, um die Hub-Netz-knoten **31** miteinander zu verbinden. Wenn es sich bei den Hub-Netz-knoten **31** um Gateway-Knoten handelt, dann können gleichermaßen herkömmliche Satelliten- oder Funkübertragungseinrichtungen verwendet werden, um die Hub-Netz-knoten **31** miteinander zu verbinden.

**[0028]** Bei [Fig. 6](#), auf die nachfolgend gezielt Bezug genommen wird, ist ein verteiltes selbstorganisierendes Netzwerk **40** erläutert. Das Netzwerk **40** umfasst eine Vielzahl gleichartiger Knoten **41**, wobei jeder gleichartige Knoten **41** im Allgemeinen mit den benachbarten gleichartigen Knoten **41** kommuniziert. Im Allgemeinen sind gleichartige Knoten **41** "gleichgestellt" (Peers) in dem Sinn, dass sie alle auf identischen Protokollen aufbauen, um Datenpakete für ihre Gleichgestellten (Peers) zu übertragen, empfangen und weiterzugeben (erneut zu übertragen). Jeder gleichartige Knoten **41** hat außerdem die Fähigkeit, seine Sendeleistung (innerhalb physikalischer Grenzen, die ihm durch seine Hardware auferlegt sind) aufwärts und abwärts anzupassen, bis sein Entscheidungsmodul (siehe [Fig. 1](#)) entscheidet, dass er von mindestens zwei anderen gleichartigen Knoten **41** gehört werden kann. Das Entscheidungsmodul bestimmt diesen Bereich durch Beobachtung des schon weitergegebenen Paketverkehrs, oder durch Testpakete, die sie von Zeit zu Zeit während Zeiträumen mit wenig Verkehr übertragen kann. Hier werden Fachleute in der Technik verstehen, dass jedes Datenpaket Informationen (z.B. Priorität, Sicherheit, Anzahl der Hops, usw.) und Paketverarbeitungs-befehle beinhaltet. Die Informationen und Befehle werden von dem Entscheidungsmodul zum Durchführen der zahlreichen Abläufe verwendet.

**[0029]** Es ist eine der Beschränkungen in diesem selbstorganisierenden Netzwerk, dass die gleichartigen Knoten den physikalischen Standort anderer gleichartiger Knoten möglicherweise nicht kennen und auch nicht kennen müssen. Unter Verwendung der Paketüberschwemmungstechnik gemäß dem Stand der Technik kann ein Ursprungsknoten einen Zielknoten über ein Überschwemmungspaket finden, das von anderen Knoten weitergeleitet wird, bis der Zielknoten das Paket empfängt, oder bis eine in dem Überschwemmungspaket enthaltene maximale Überschwemmungs-Hop-Zahlwert überschritten wird. Jedes Mal, wenn ein beliebiges Paket weitergeleitet wird, wird ein das Paket begleitender Hop-Zähler erhöht. Auf diese Weise erzeugt jeder Knoten, der das Paket weiterleitet, eine Routing-Tabelle, die ei-

nen Hop-Zählwert bis zurück zum Ursprungsknoten enthält.

**[0030]** Wenn jeder gleichartige Knoten oder Hub-Netznoten (wenn einer vorhanden ist) ein oder mehrere an sich selbst gerichtete Überschwemmungspakete empfängt, wird der Hop-Zählwert in dem Überschwemmungspaket verwendet, um einen maximalen Hop-Zählwert,  $n_{max}$ , für eine Rückbestätigungsnachricht zu bestimmen. An den Ursprungsknoten adressierte Bestätigungspakete werden dann von jedem beliebigen Knoten weitergeleitet, dessen Routing-Tabelle einen Pfad zurück zu dem Ursprungsknoten mit  $(n_{max}-k)$  oder weniger Hops darstellt, wobei  $k$  der Wert ist, der von dem Hop-Zähler in dem Bestätigungspaket entnommen wurde. Auf diese Weise kann jeder beliebige Knoten aus der Sammlung von empfangenen Bestätigungspaketen außerdem seinen eigenen  $n_{max}$ -Wert zur Übertragung von Datenpaketen an den Zielknoten einstellen. An diesem Punkt kann die Übertragung von Datenpaketen zwischen dem Ursprungsknoten und dem Zielknoten beginnen.

**[0031]** Es ist die Funktion des Entscheidungsmoduls, einen Wert von  $n_{max}$  und eine begleitende Leistungseinstellung für den Sender in jedem der Knoten (z.B. die oben beschriebenen Quellen- und Zielknoten) zu bestimmen. Eine hohe Leistungseinstellung für den Sender in jedem der Ursprungs- und Zielknoten sowie ein hoher Wert von  $n_{max}$  helfen dabei sicherzustellen, dass die Datenpakete ankommen, aber es gibt eine erhebliche Duplikation (Pakete mit doppelten Sequenznummer werden verworfen) und eine unnötige Bandbreitennutzung. Eine zu kleine Einstellung für  $n_{max}$  und/oder eine zu niedrige Leistungseinstellung für den Sender hat zur Folge, dass Pakete nicht ankommen oder nicht bestätigt werden, und letztendlich muss der Ursprungsknoten erneut eine "Überschwemmung" einleiten, um den Zielknoten zu finden, was zu einer unterbrochenen Kommunikation und vergeudeten Bandbreite in der erneuten "Überschwemmung" führt. Um einen Mittelweg zu finden, verwendet das Entscheidungsmodul in jedem Knoten ihre Beobachtungen des Netzwerkverhaltens und der Kriterien guter Konnektivität basierend auf vorher gesammelten Statistiken, um einen optimalen Wert für  $n_{max}$  und die Sendeleistung jedes Knotens einzustellen.

**[0032]** Bei [Fig. 7](#), auf die nachfolgend Bezug genommen wird, ist ein selbstorganisierendes Netzwerk erläutert, das zwei oder mehr verteilte Netzwerke **51** und eine Anzahl von Hub-Netznoten **52** mit außerordentlich hoher Leistung und/oder vorteilhaften geografischen Standorten umfasst. Die Hub-Netznoten **52** können auf mobilen Fahrzeugen befestigt sein, sie können mit Turm antennen verbunden sein, sie können erdumkreisende Satelliten oder dergleichen sein. Die Hub-Netznoten **52** haben im

Allgemeinen einen zusätzlichen, separaten Satz an Hauptleitungsfrequenzen und Modulationschemen, die für eine größere Reichweite gedacht sind, auf die die gleichartigen Knoten in den verteilten Netzwerken **51** nicht zugreifen können, und die die gleichartigen Knoten nicht beeinträchtigen. Wenn ein Hub-Netznoten **52** ein Paket weiterleitet, leitet er es im Allgemeinen sowohl auf den Sendefrequenzen des Hub-Netznotens als auch auf den Sendefrequenzen des gleichartigen Knotens weiter.

**[0033]** Durch das Hinzufügen der Hub-Netznoten **52** in dem Netzwerk **50** wurden die verteilten Netzwerke **51** ähnlich wie das Netzwerk **30** von [Fig. 5](#) zu einem dezentralisierten Netzwerk mit verbesserter Reichweite und Leistung. Somit können zwei nicht zusammenhängende selbstorganisierende Netzwerke durch die Verwendung von Satelliten, hohen Antennentürmen, usw. zu einem virtuellen selbstorganisierenden Netzwerk zusammengefasst werden. Es ist eine wichtige Eigenschaft von verteilten Netzwerken **51**, dass die absolute geografische Platzierung der Knoten nicht kritisch ist und sich in Echtzeit verändern kann. Die Gesamtleistung des Netzwerkes **50** kann verbessert werden, indem weitere Hub-Netznoten **52** hinzugefügt werden, ohne dass irgendwelche Veränderungen in zentralen Datenbanken, Switches oder anderen Artefakten herkömmlicher, statischer Architektur notwendig sind.

**[0034]** Bei [Fig. 8](#), auf die nachfolgend Bezug genommen wird, sind einige typische Knoten mit einer kurzen bis mittleren Reichweite in einem selbstorganisierenden Netzwerk **60** erläutert. Ein typisches Beispiel eines gleichartigen Knotens ist ein Pager oder eine andere Kommunikationsvorrichtung **61**, die in der Hand gehalten werden kann, ein Laptop **62** oder ein Mobiltelefon **63**. Beispiele von gleichartigen Knoten oder Netznoten umfassen Fahrzeuge, beispielsweise einen Militärpanzer **64**, einen Krankenwagen **65** oder einen Polizeiwagen **66**. Man wird verstehen, dass jede beliebige oder alle dieser Art von Vorrichtung in jeder beliebigen der oben beschriebenen selbstorganisierenden Netzwerke verwendet werden könnte. Das vorliegende selbstorganisierende Netzwerk erfüllt viele Zwecke, ist aber insbesondere in mobilen, drahtlosen Umgebungen nützlich, in denen sich die Verbindungsleitungen zwischen den Knoten willkürlich und unvorhersehbar verändern und in denen die Netzwerke nicht praktischerweise im Voraus geplant werden können. Manche Beispiele sind Katastropheneinsätze für Naturkatastrophen und Militärgefechte.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Übermittlung eines Datenpakets von einem Ursprungsknoten an einen Zielknoten, welcher von dem Ursprungsknoten entfernt angeordnet ist, in einem selbstorganisierenden Netzwerk,

welches eine Vielzahl an gleichartigen oder Verwandtschaftsknoten (**41**) aufweist, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

Senden eines Testpakets von dem Ursprungsknoten an mindestens einige gleichartigen Knoten aus der Vielzahl an gleichartigen oder Verwandtschaftsknoten (**41**) bei einer bekannten Sendeleistung;

Anpassen der Sendeleistung, bis der Zielknoten den Empfang des Testpakets bestätigt;

Bestimmen einer Anzahl gleichartiger Knoten, welche die Sendung empfangen haben; gekennzeichnet durch:

Anpassen der Sendeleistung des Ursprungsknotens, bis die Anzahl gleichartiger Knoten plus zwei zusätzlicher gleichartiger Knoten die Sendung empfangen; und

Senden des Datenpakets von dem Ursprungsknoten an den Zielknoten über mindestens einen aus der Vielzahl gleichartiger Knoten (**41**).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine optimale Anzahl an Knoten 2% bis 5% der gleichartigen Knoten in dem selbstorganisierenden Netzwerk beträgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Sendens des Datenpakets vom Ursprungsknoten an den Zielknoten über mindestens einen aus der Vielzahl an gleichartigen Knoten (**41**) die folgenden zusätzlichen Schritte aufweist: Senden einer digitalen Nachricht direkt von einem ersten gleichartigen Knoten an einen zweiten gleichartigen Knoten bei zahlreichen Raten gleichzeitig, um ein Fraktal zu erzeugen; Empfangen des Fraktals am zweiten gleichartigen Knoten und Aufnehmen eines schnellsten Teils des Fraktals, welcher eine gewünschte Empfangssignalqualität erzielt; Senden einer "empfangenen" Nachricht von dem zweiten gleichartigen Knoten zurück an den ersten gleichartigen Knoten; und Senden des Datenpakets von dem ersten gleichartigen Knoten an den zweiten gleichartigen Knoten bei einer Rate, die identisch mit der des schnellsten Teils des Fraktals ist, welcher die gewünschte Empfangssignalqualität erzielt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das selbstorganisierende Netzwerk weiter mindestens einen Netzknoten (**21**) mit einer Netzknoten-Sendefrequenz aufweist, welche sich von gleichartigen Sendefrequenzen, die zwischen gleichartigen Knoten (**22**) eingesetzt werden, unterscheidet, und dass der Schritt des Sendens des Datenpakets vom Ursprungsknoten an den Zielknoten die Änderung der Sendefrequenz von einer gleichartigen Frequenz in eine Netzknoten-Sendefrequenz einschließt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, welches zusätz-

lich einen Schritt der Bestimmung einer Verkehrsbelastung vor dem Schritt des Sendens des Datenpakets vom Ursprungsknoten an den Zielknoten aufweist und den Schritt des Änderns der Sendefrequenz von der gleichartigen Sendefrequenz in die Netzknoten-Sendefrequenz ausführt, wenn die Verkehrsbelastung hoch ist.

6. Verfahren nach Anspruch 1, welches den zusätzlichen Schritt des Zuordnens einer Priorität zu jedem Datenpaket aufweist und welches den Schritt des Sendens des Datenpakets vom Ursprungsknoten an den Zielknoten auf Datenpaketen höherer Priorität zuerst ausführt.

7. Verfahren nach Anspruch 6, welches zusätzlich die Schritte der Zuweisung oder Zuordnung einer Priorität zu jedem Datenpaket und der Aufnahme einer Benutzerpolitik, nur Pakete mit einer Priorität zu senden, die oberhalb einer ausgewählten Priorität liegt, aufweist.

8. Verfahren nach Anspruch 1, welches die folgenden Schritte aufweist: innerhalb des selbstorganisierenden Netzwerks, Zuordnung einer Priorität zu jedem Datenpaket; Aufnahme einer Benutzerpolitik in dem Ursprungsknoten, nur Datenpakete mit einer Priorität, die oberhalb einer ausgewählten Priorität liegt, weiter zu senden.

9. Verfahren nach Anspruch 8, welches zusätzlich die Schritte der Bestimmung der Anzahl an Hops, die zum Senden eines jeden Datenpakets vom Ursprungsknoten an einen Zielknoten erforderlich ist, und der Änderung einer Sendeleistung des Ursprungsknotens aufweist, um die Anzahl an Hops zu verringern, die zum Senden eines jeden Datenpakets vom Ursprungsknoten an den Zielknoten erforderlich ist.

10. Verfahren nach Anspruch 1, welches die folgenden Schritte aufweist: Einschluss von Informationen und Paket-Abwicklungs- oder Handhabungsbefehlen in jedes Datenpaket; Betriebsanpassung der Ursprungsknoten derart, dass es dem selbstorganisierenden Netzwerks möglich ist, sich selbst zu organisieren, sich selbst zu konfigurieren, und sich selbst zu heilen; und Weitersendung von Datenpaketen von den Ursprungsknoten an die Zielknoten mit einem Minimum an Hops und Verzögerung.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt der Betriebsanpassung der Ursprungsknoten derart, dass es dem Netzwerk möglich ist, selbstorganisierend, selbstkonfigurierend und selbstheilend zu sein, die folgenden zusätzlichen Schritte aufweist:

Senden einer digitalen Nachricht direkt von einem ersten gleichartigen Knoten an einen zweiten gleichartigen Knoten gleichzeitig bei zahlreichen Raten, um ein Fraktal zu erzeugen;

Empfangen des Fraktals an dem zweiten gleichartigen Knoten und Aufnahme eines schnellsten Teils des Fraktals, welcher eine gewünschte Empfangssignalqualität aufweist;

Senden von dem zweiten gleichartigen Knoten eine "empfangen" Nachricht zurück an den ersten gleichartigen Knoten; und

Senden des Datenpakets von dem ersten gleichartigen Knoten an den zweiten gleichartigen Knoten bei einer Rate, die mit dem schnellsten Teil des Fraktals, das die gewünschte empfangene Signalqualität erzielt, identisch ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

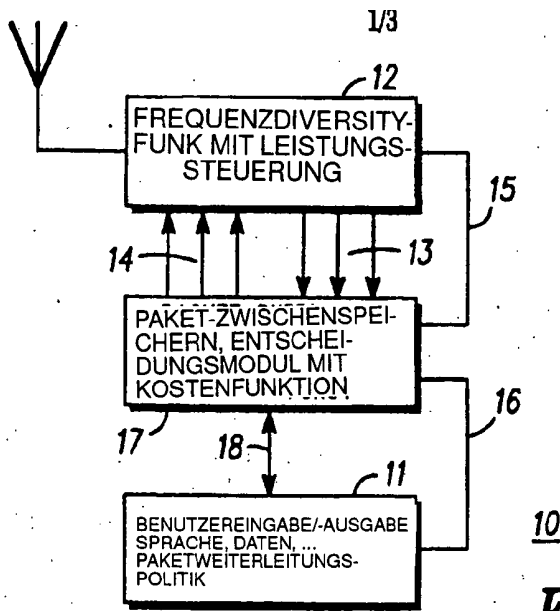


FIG. 1

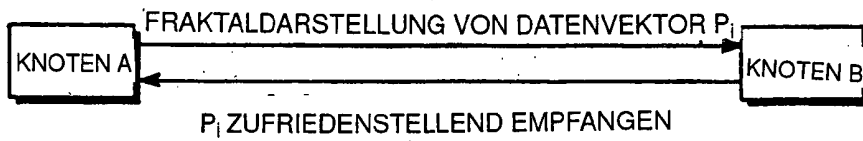


FIG. 2

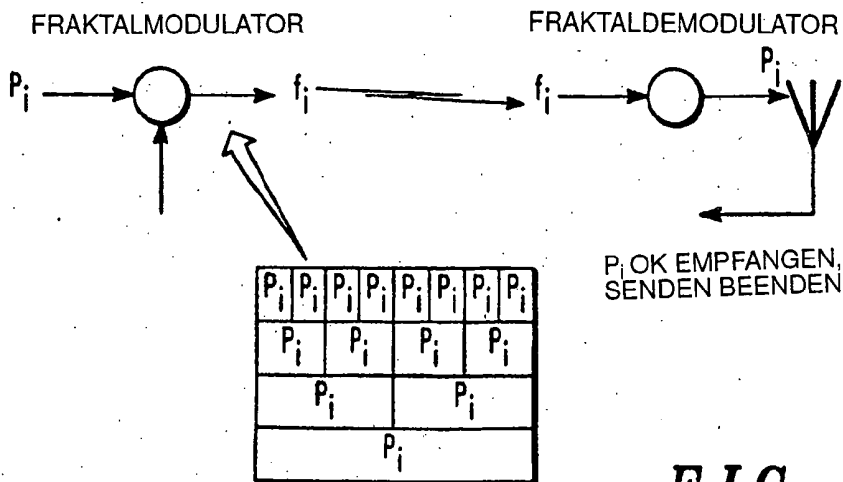


FIG. 3

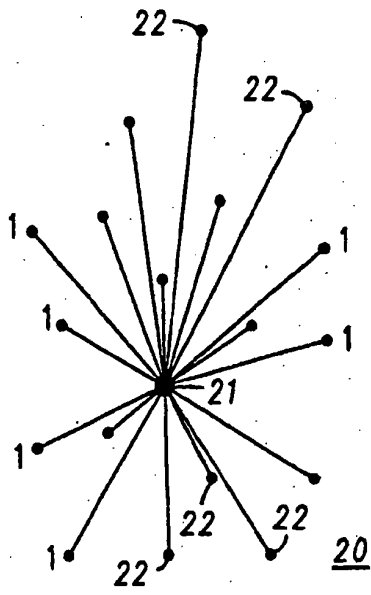


FIG. 4

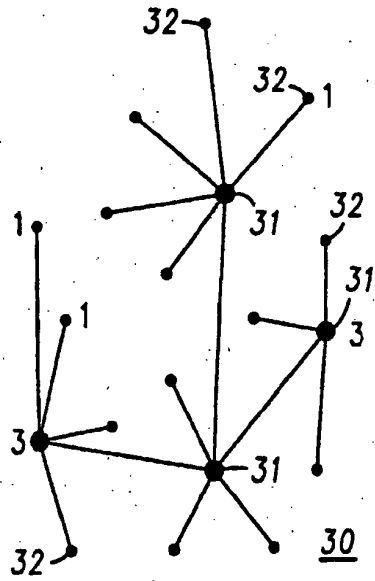


FIG. 5

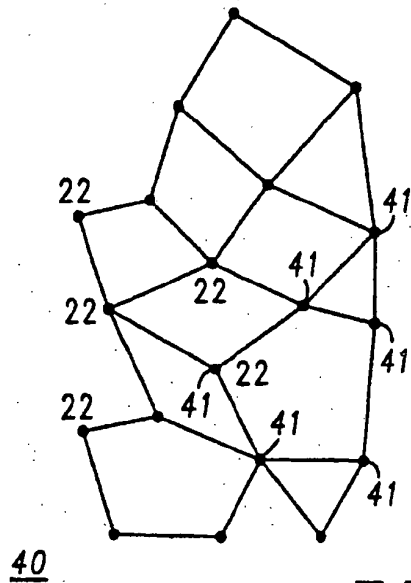
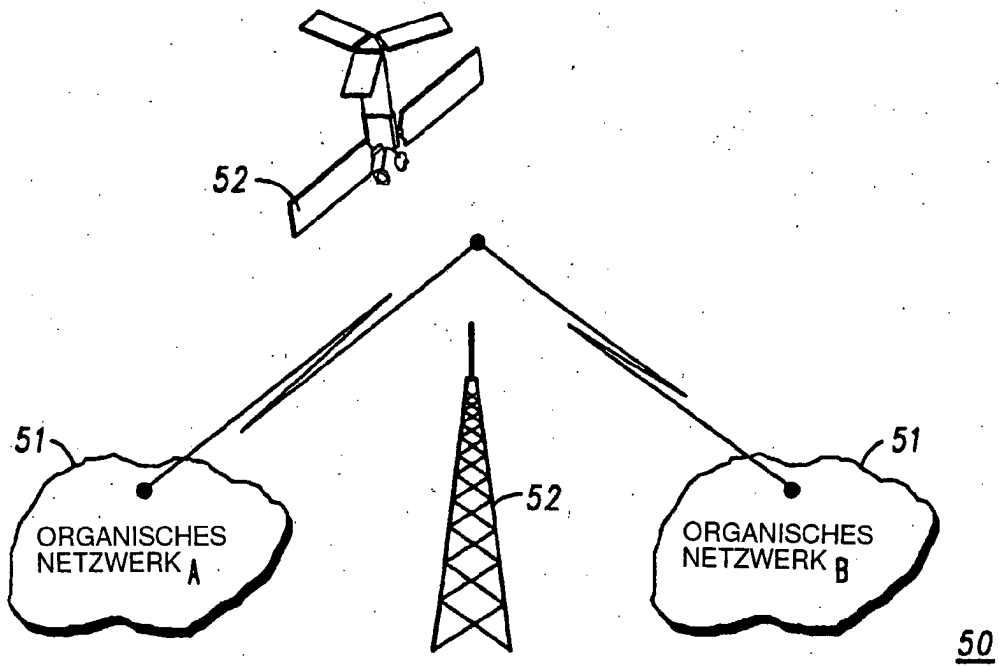
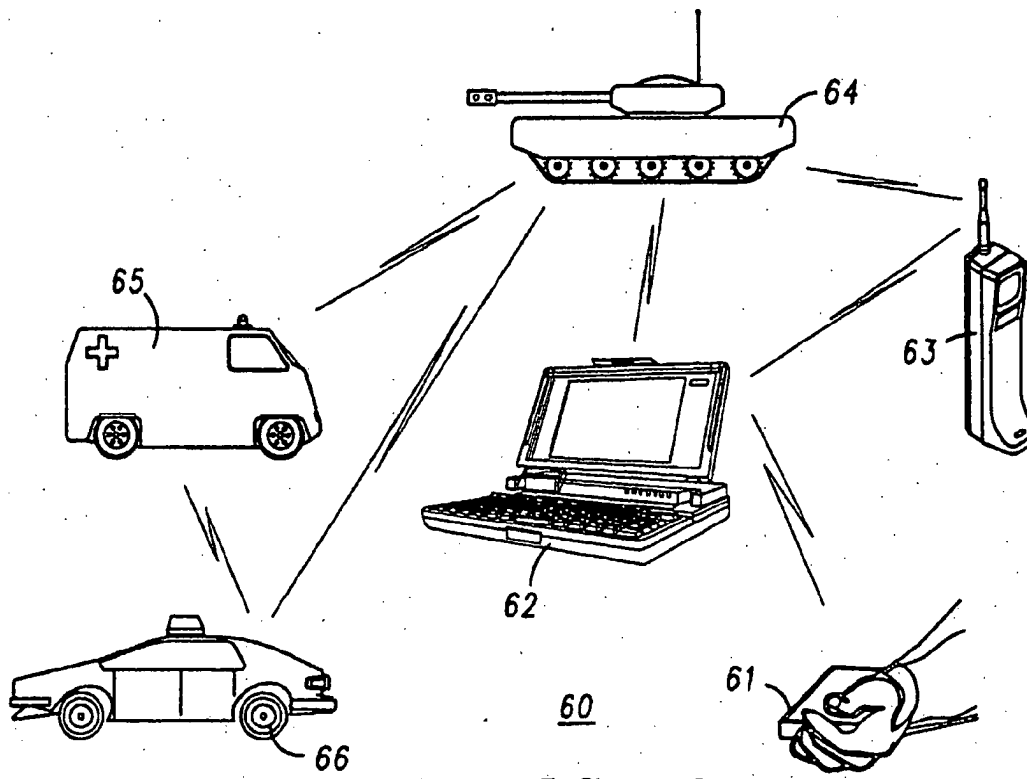


FIG. 6



**FIG. 7**



**FIG. 8**