



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 15 005 T2** 2007.04.19

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 400 071 B1**

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

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 15 005.1**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/IB02/02182**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 735 793.8**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2002/102000**

(86) PCT-Anmeldetag: **10.06.2002**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **19.12.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **24.03.2004**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **27.09.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **19.04.2007**

(30) Unionspriorität:

10127880 11.06.2001 DE

(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:

**Philips Intellectual Property & Standards GmbH,
20099 Hamburg, DE**

(72) Erfinder:

**HABETHA, c/o Int. Octrooibureau B.V., Jörg,
NL-5656 AA Eindhoven, NL**

(74) Vertreter:

Volmer, G., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 52066 Aachen

(54) Bezeichnung: **Dynamisches Netzwerk und Wegeleitverfahren für ein dynamisches Netzwerk**

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

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein dynamisches Netzwerk und auf eine Wegeleitverfahren für ein dynamisches Netzwerk.

[0002] Unter einem dynamischen Netzwerk versteht man ein Netzwerk, dessen Topologie auf dynamische Weise im Betrieb sich ändern kann. Dies betrifft insbesondere ad hoc Netzwerke. Unter eine ad hoc Netzwerk versteht man ein selbst organisierendes Netzwerk, in dem die Struktur und die Anzahl Teilnehmer nicht in bestimmten Grenzwerten festgelegt ist. So kann beispielsweise eine Kommunikationsanordnung eines Teilnehmers dem Netzwerk entnommen oder in das Netzwerk eingefügt werden. Im Gegensatz zu herkömmlichen Mobiltelefonnetzwerken ist ein ad hoc Netzwerk nicht auf einer fest installierten Infrastruktur basiert.

[0003] Dynamische Netzwerke aber können auf alternative Weise, beispielsweise Internet-Netzwerke, deren Topologie im Betrieb sich ändert.

[0004] Ein derartiges ad hoc Netzwerk ist aus dem Buch von C.E. Perkins: "Ad Hoc Networking", Addison Wesley, Seiten 53-62 bekannt. Jeder Knoten in diesem bekannten Netzwerk sendet zu regelmäßigen Intervallen Aktualisierungen der Wegeleitinformation zu benachbarten Knoten, damit die Routinginformation an Änderungen in der Netzwerktopologie angepasst wird.

[0005] Der Artikel: "Ad Hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing" von Perkins u. a. "IETF Standard Working draft, mobile Ad Hoc Networking Group", 25. Juni 1999, beschreibt ein Routingprotokoll unter Anwendung eines "Ad Hoc On-Demand Distance Vector" zur Verwendung bei mobilen Knoten in einem ad hoc Netzwerk. Darin wird beschrieben, dass eine Beantragungsnachricht verwendet wird, die Information zum Aktualisieren der Routinginformation beantragt. Weiterhin wird beschrieben, dass Antwortnachrichten mit Information über Knoten empfangen werden, die wenigstens ebenso aktuell sind wie die Information in dem beantragenden Knoten. Die Beantragungsnachrichten werden auf Anfrage übertragen, wenn keine gültige Route in der Routentabelleninformation verfügbar ist, beispielsweise wenn das Ziel unbekannt ist oder die Lebensdauer einer bekannten Route abgelaufen ist.

[0006] Es ist nun u. a. eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Netzwerk der eingangs erwähnten Art zu schaffen, das eine verbesserte Routing ermöglicht, im Falle von Änderungen in der Netzwerktopologie. Es ist weiterhin eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein betreffendes Routingverfahren zu schaffen.

[0007] Diese Aufgabe wird erfüllt durch die Merkmale der Hauptansprüche. Was das Netzwerk anbelangt wird die Aufgabe durch ein dynamisches Netzwerk mit einer Anzahl Knoten erfüllt, wobei ein Knoten eine örtliche Routingtabelle aufweist zur Speicherung von Routinginformation, wobei die Routinginformation in Feldern gespeichert wird, die Parameter von Zielknoten enthalten, wobei die Felder Subfelder aufweisen; wobei vorgesehen wird, dass eine Aktualisierungsanfrage von dem Knoten zu anderen Knoten gesendet wird zum Aktualisieren der örtlichen Routingtabelle und zum Übertragen einer aktuellen Antwort durch die anderen betreffenden Knoten mit einer Aktualisierung der Routinginformation zu dem beantragenden Knoten, wobei die örtliche Routingtabelle eine Tabellenaktualisierungsinformation aufweist, welche die jüngste Aktualisierung der örtlichen Routingtabelle angibt, wobei die örtliche Routingtabelle ein Feld für jeden Knoten umfasst, wobei jedes Feld der örtlichen Routingtabelle ein Subfeld hat, das Feldaktualisierungsinformation hat, welche die jüngste Aktualisierung des einzelnen Feldes angibt, wobei der Aktualisierungsantrag die Tabellenaktualisierungsinformation des beantragenden Knotens enthält und die Aktualisierungsantwort enthält Routinginformation nur derjenigen Felder, für welche die Feldaktualisierungsinformation des betreffenden anderen Knotens jünger ist als die Tabellenaktualisierungsinformation des beantragenden Knotens.

[0008] In dem Netzwerk nach der vorliegenden Erfindung wird Routinginformation in Knoten des Netzwerkes gespeichert. Routinginformation wird vorzugsweise in jedem Knoten gespeichert, und zwar im Falle dezentralisierter Netzwerke. Routinginformation wird vorzugsweise in den zentralen Knoten nur im Falle von Clusternetzwerken mit zentralen Controllern gespeichert.

[0009] Die Routinginformation wird in Form von Routingtabellen gespeichert. Die Routingtabelle eines Knotens umfasst vorzugsweise Felder für alle anderen Knoten des Netzwerkes oder für diejenigen Knoten, auf die der betreffende Knoten zugreifen kann. Die Knoten, auf die ein bestimmter Knoten zugreifen kann, d.h. zu der eine Übertragung möglich oder erwünscht ist, werden als Zielknoten bezeichnet.

[0010] Die in den Feldern gespeicherte Routinginformation, beispielsweise des nächsten Knotens, über den eine Datenübertragung zu dem betreffenden Zielknoten stattfinden soll (der nächste Sprung), kann die Streckenlänge zu dem Zielknoten sein und die maximale Übertragungskapazität zu dem Zielknoten.

[0011] Um die örtlichen Routingtabellen auf dem neuesten Stand zu halten, senden die Knoten mit einer Routingtabelle zu regelmäßigen Intervallen vor-

zugsweise einen Aktualisierungsantrag zu anderen Knoten. Diese anderen Knoten sind insbesondere Nachbarknoten. Sie sind insbesondere Nachbarcontroller im Falle von Clusternetzwerken mit zentralen Controllern.

[0012] Der Aktualisierungsantrag teilt den Knoten mit, die diesen Antrag empfangen, dass sie die jüngste Information über die beantragenden Knoten senden sollen.

[0013] Der Vorteil des beantragenden Mechanismus ist insbesondere, dass der beantragende Mechanismus eine kombinierte Übertragung der Routinginformation ermöglicht. Die einzelnen Knoten übertragen modifizierte Routinginformation nur auf Anfrage. Im Falle eines Antrags können viele Topologieänderungen, d.h. die Topologieänderungen, die in der Zeitperiode zwischen zwei Anträgen aufgetreten sind, dann gemeinsam den Beantragungsknoten zugeführt werden. In einer einfachen Protokolldateneinheit (PDU) können auf entsprechende Weise viele Änderungen in der Netzwerktopologie den Beantragungsknoten zugeführt werden. Dies führt zu einer Verringerung der Anzahl PDUs (Paketen), die für Routingzwecke übertragen werden sollen.

[0014] Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass die Menge an Daten, die zum Aktualisieren der örtlichen Routingtabellen übertragen werden müssen, dadurch verringert werden kann, dass die einzelnen Knoten Routinginformation von anderen Knoten beantragen.

[0015] Der vorliegenden Erfindung liegt ebenfalls die Erkenntnis zugrunde, dass den adressierten Knoten mitgeteilt wird, wie aktuell die Routinginformation der Beantragungsknoten ist. Dies ermöglicht es, dass die adressierten anderen Knoten eine Routinginformation selektieren, die dem Beantragungsknoten zugeführt werden soll. Nur diejenigen Routingdaten werden dem Beantragungsknoten jeweils zugeführt, die jünger sind als die Routinginformation des Beantragungsknotens zu dem betreffenden Zeitpunkt.

[0016] Dazu enthalten die örtlichen Routingtabellen eine Tabellenaktualisierungsinformation und eine Feldaktualisierungsinformation. Die Tabellenaktualisierungsinformation enthält Daten darüber, wie aktuell die örtliche Routingtabelle ist, d.h. wann die jüngste Änderung in der Routingtabelle zugeführt wurde. Dies kann beispielsweise ein Zeitindikator oder eine Sequenznummer sein. Die Feldaktualisierungsinformation enthält Daten darüber, wie aktuell die einzelnen Felder der Routingtabelle sind, d.h. wann die jüngste Änderung in dem betreffenden Feld der Routingtabelle durchgeführt wurde. Die Feldaktualisierungsinformation kann wieder beispielsweise ein Zeitindikator oder eine Sequenznummer sein. Die

Tabellenaktualisierungsinformation entspricht auf diese Weise der jüngsten Feldaktualisierungsinformation der betreffenden Routingtabelle.

[0017] Der Aktualisierungsantrag enthält die Tabellenaktualisierungsinformation des beantragenden Knotens. Dies ermöglicht es, dass der adressierte Knoten eine Selektion der Routinginformation macht, die dem beantragenden Knoten zugeführt werden soll. Die adressierten Knoten wissen aus der Tabellenaktualisierungsinformation des beantragenden Knotens, wie aktuell die Routingtabelle des beantragenden Knotens ist, d.h. wann die jüngste Änderung in der Routingtabelle des beantragenden Knotens durchgeführt wurde. Die adressierten Knoten senden eine Aktualisierungsantwort mit nur derjenigen Routinginformation, die jünger ist als die Tabellenaktualisierungsinformation, zu dem beantragenden Knoten. Wenn die Tabellenaktualisierungsinformation ein Zeitindikator ist, werden nur diejenigen Routingdaten übertragen, die jünger sind. Die Selektion der Routinginformation kann durch einen Vergleich der Tabellenaktualisierungsinformation des beantragenden Knotens mit der einzelnen Feldaktualisierungsinformation der Felder der Routingtabellen der adressierten Knoten erfolgen. Eine derartige Selektion der übertragenen Routinginformation verringert die für die Routing zwischen den einzelnen Knoten zu übertragende Datenmenge. Effiziente Routingverfahren können auf diese Art und Weise implementiert werden.

[0018] Die Übertragung der Tabellenaktualisierungsinformation zu den adressierten Knoten hat den Vorteil, dass die Tabellenaktualisierungsinformation nur wenig Übertragungskapazität erfordert und dass nur ein einziges Item der Tabellenaktualisierungsinformation für jede Routingtabelle oder jeden Knoten übertragen werden soll. Der Aktualisierungsantrag beansprucht auf diese Art und Weise nur wenig Übertragungskapazität. Dies ist insbesondere im Falle von drahtlosen Netzwerken vorteilhaft.

[0019] In der vorteilhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wie in Anspruch 2 definiert, enthalten die Routingtabellen eine Topologieänderungsinformation. Die Aktualität einer Änderung in der Netzwerktopologie kann durch die Topologieänderungsinformation gekennzeichnet werden, so dass angegeben werden kann, wann eine Änderung in der Netzwerktopologie in dem Netzwerk stattgefunden hat. Vorzugsweise enthält jedes Feld in den örtlichen Routingtabellen ein Item der Topologieänderungsinformation. Dies kann beispielsweise ein Zeitindikator oder eine Sequenznummer sein. Da es etwas Zeit nimmt, bis die Information in Bezug auf eine Änderung in der Netzwerktopologie über die einzelnen Knoten des Netzwerkes verteilt ist, kann in jedem Knoten, der diese Information später in der Zeit empfängt, ob diese Information neu für ihn ist, ob er diese

Information bereits gespeichert hat, oder ob diese Information bereits veraltet für ihn ist, beispielsweise weil er bereits ein jüngeres Informationsitem von einem anderen Knoten empfangen hat. Die Tabellenaktualisierungsinformation macht es auf diese Art und Weise möglich, dass effiziente Aktualisierungen der örtlichen Routingtabellen durchgeführt werden.

[0020] Dies wird in der vorteilhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erreicht, wie in Anspruch 3 definiert, indem die Aktualisierungsantwort die Topologieänderungsinformation aufweist, und dass eine Aktualisierung der einzelnen Felder der örtlichen Routingtabellen durchgeführt wird, wenn die Topologieänderungsinformation des adressierten Knotens jünger ist als die Topologieänderungsinformation des beantragenden Knotens. Der Knoten, der benachbarten Knoten einen Aktualisierungsantrag geschickt hat, kann auf diese Art und Weise nach Empfang der Antworten eine selektive Aktualisierung durchführen. Eine Aktualisierung der einzelnen Felder des beantragenden Knotens wird durchgeführt, wenn dadurch eine aktuellere oder jüngere Information über die Netzwerktopologie erhalten wird.

[0021] Wenn die Topologieänderungsinformation des adressierten Knotens ebenso aktuelle ist wie die Topologieänderungsinformation des betragenden Knotens, wird nach der vorteilhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wie in Anspruch 6 definiert, eine Aktualisierung durchgeführt, wenn die Streckenlänge zu dem betreffenden Zielknoten durch die Aktualisierung kürzer gemacht wird.

[0022] In der vorteilhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wie in Anspruch 7 definiert, wird eine Aktualisierung durchgeführt, wenn die Topologieänderungsinformation des adressierten Knotens ebenso aktuell ist wie die Topologieänderungsinformation des beantragenden Knotens, und die maximale Datenübertragungsrate zu dem betreffenden Zielknoten durch die Aktualisierung höher gemacht wird.

[0023] Die vorteilhaften Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, wie in Anspruch 6 und 7 definiert, können auch kombiniert werden, wobei in diesem Fall das Kriterium nach Anspruch 6 oder das Kriterium nach Anspruch 7 eine höhere Priorität erhalten können, und zwar je nach der Applikation.

[0024] Die Ausführungsform nach Anspruch 4 hat den Vorteil, dass die Zeitinformation einen unabhängigen Vergleich der Aktualität der einzelnen Routinginformationsitems ermöglicht.

[0025] Die Ausführungsform mit Sequenznummern, wie in Anspruch 5 definiert, kann auf eine besonders einfache Art und Weise verwirklicht werden.

[0026] Es ist vorteilhaft im Falle zentraler Clusternetzwerke, die einen zentralen Knoten (Controller) zur Steuerung der Cluster (Subnetzwerke) haben zur zentralen Speicherung der Routingtabelle für das betreffende Subnetzwerk in dem zentralen Knoten. Die Übertragung von Information zwischen den einzelnen Netzwerken erfolgt über Brückenknoten oder "Speditoren".

[0027] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung in Bezug auf das Verfahren wird mit Hilfe eines Verfahrens mit den Kennzeichen nach Anspruch 8 erfüllt. Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im Folgenden näher beschrieben. Es zeigen:

[0028] [Fig. 1](#) eine Routingtabelle mit Routinginformation,

[0029] [Fig. 2](#) ein dynamisches Netzwerk mit 5 Subnetzwerken, die je von einem zentralen Controller gesteuert werden, und zwar zu einem ersten Zeitpunkt,

[0030] [Fig. 3](#) das Netzwerk nach [Fig. 2](#) zu einem zweiten Zeitpunkt, wobei ein Knoten des Netzwerkes im Vergleich zu [Fig. 2](#) nach einem benachbarten Subnetzwerk verschoben ist,

[0031] [Fig. 4](#) eine Tabelle mit der Zeitsequenz der Änderung der Routingtabellen des zentralen Controllers als Ergebnis der Verschiebung des Netzwerk-knotens,

[0032] [Fig. 5](#) einen Teil eines Zeitregisters, und

[0033] [Fig. 6](#) ein Netzwerk mit 5 Subnetzwerken, die je von einem zentralen Controller gesteuert werden.

[0034] [Fig. 1](#) zeigt eine Routingtabelle, die in dem Routingknoten oder in der Routingstation des Netzwerkes gespeichert ist. Die Routingtabelle umfasst Felder T1 bis TN für je Station des gesamten Netzwerkes sowie eine Zeit- t_{up} als auch eine Tabellenaktualisierungsinformation, d.h. die Zeit, wo die Routingtabelle das letzte Mal geändert wurde. Die Felder T1 bis TN jeder einzelnen Station des Netzwerkes umfassen 6 Subfelder 1 bis 6. Das erste Subfeld 1 enthält die Identifikationsnummer (ID) der betreffenden Zielstation. Das zweite Subfeld 2 speichert die ID dieser Station, zu der die Daten bestimmt zu der Zielstation des ersten Subfeldes 1 weitergeleitet werden. Auf diese Weise werden die Daten immer für jede Zielstation gespeichert, was als der "nächste Sprung" auf dem Weg zu dieser Zielstation bezeichnet wird. Wenn die Zielstation selber der nächste Sprung ist, wird die Zielstation selber in das zweite Subfeld 2 eingegeben. Das dritte Subfeld 3 speichert die Erzeugungszeit t_{gen} des Feldes als Topologieänderungsinformation. Die Erzeugungszeit t_{gen} gibt an, wann eine

Änderung in der Netzwerktopologie für dieses Feld, d.h. für diese Zielstation, stattgefunden hat. Diese Station detektiert die Änderung in der Netzwerktopologie und implementiert daraufhin eine Änderung in dem Inhalt des Feldes in der örtlichen Routingtabelle. Das vierte Subfeld 4 enthält eine Zeit t_{reg} . Dies gibt an, wann eine Änderung in dem Inhalt eines Feldes durch die betreffende Station in der Routingtabelle angepasst wurde, und zwar wegen einer Änderung in der Netzwerktopologie, oder wann die durch benachbarte Stationen detektierten Änderungen angepasst wurden. Das fünfte Subfeld 5 jedes Feldes enthält eine Menge, wie beispielsweise die restliche Weglänge bis an die Zielstation. Weitere Mengen können in zusätzlichen Subfeldern jedes Feldes gespeichert werden. Das sechste Subfeld enthält die maximale Datenrate, mit der Daten zu der Zielstation übertragen werden können. Diese Datenrate entspricht der minimalen Datenrate aller konstituierenden Strecken von der betreffenden Station zu der Zielstation.

[0035] Es ist eine Aktualisierungsprozedur vorgesehen um die Routingtabellen zu erneuern, um die Routingtabellen immer aktuell zu halten. Diese Aktualisierungsprozedur basiert auf einem Antrag-Antwortmechanismus. Jede Routingstation löst periodisch diese Aktualisierungsprozedur aus. Die Station, die nachstehend als Aktualisierungsstation (US) bezeichnet wird, überträgt eine Aktualisierungsantragsnachricht in der Sendemodus zu den unmittelbar benachbarten Stationen. Die Aktualisierungsantragsnachricht enthält die Zeit t_{up} , d.h. den Zeitpunkt der jüngsten Tabellenaktualisierung der beantragenden Station.

[0036] Bei Empfang des Aktualisierungsantrags vergleichen die benachbarten Stationen die empfangene Zeit t_{up} mit den Registrationszeiten t_{reg} jeder einzelnen Eingabe in die eigenen Routingtabellen. Wenn der Vergleich beendet ist, sendet jede Nachbarstation eine Aktualisierungsantwortnachricht (möglicherweise segmentiert) zu der beantragenden Station US, wobei in dieser Nachricht alle diejenigen Eingaben der betreffenden Routintabelle vorhanden sind, die nach dem Zeitpunkt t_{up} in die Tabelle eingegeben wurden, d.h. für die gilt: $t_{reg} > t_{up}$. Es sei bemerkt, dass die Zeit t_{up} im Allgemeinen in das Taktsystem der betreffenden Nachbarstation umgesetzt werden soll, bevor die Zeiten t_{reg} und t_{up} miteinander verglichen werden. Dieser Umstand und die dadurch notwendigerweise durchgeführten Schritte werden nach der Beschreibung der allgemeinen Routingprozedur näher beschrieben. Alle Felder werden für jede der zu übertragenden Eingaben übertragen, angenommen für die nächste Sprungterminal-ID und die Registrationszeit t_{reg} , weil diese für die beantragenden Station US nicht relevant sind.

[0037] Bei Empfang der Aktualisierungsantwort vergleicht die US die Erzeugungszeiten und Mengen der

empfangenen Eingaben mit den Erzeugungszeiten und Mengen der zu dem betreffenden Zeitpunkt vorhandenen Eingaben in der eigenen Routingtabelle.

[0038] Die neu empfangenen Eingaben oder Felder werden nun durch "neu" bezeichnet und die Eingaben der beantragenden Station, die bisher empfangen hat, werden als "US" bezeichnet. "PL" bezeichnet die Streckenlänge, wie aus [Fig. 1](#) ersichtlich, und "MTR" bezeichnet die maximale Übertragungsrate. MTR^{US-NS} bezeichnet die maximale Übertragungsrate zwischen der beantragenden und der antwortenden benachbarten Station. Auf entsprechende Weise bezeichnet PL^{US-NS} die Anzahl Sprünge zwischen der beantragenden Station US und der benachbarten Station NS. Dies ist weil es vorstellbar ist, dass nicht alle Stationen Routingdaten liefern. Es könnte folglich passieren, dass zwei Routingstationen, die in dem Sinne der Routintgprozedur Nachbarn sind, über eine oder mehrere Nicht-Routingstationen miteinander kommunizieren.

[0039] Nach der vorliegenden Erfindung führt die US nur diejenigen Eingaben durch, die den nachfolgenden Kriterien entsprechen:

$$\begin{aligned} & t_{gen}^{new} > t_{gen}^{US} \\ & \text{oder } (t_{gen}^{US} \text{ und } PL^{new} + PL^{US-NS} < PL^{US}) \\ & \text{oder } (t_{gen}^{new} = t_{gen}^{US} \text{ und } PL^{new} + PL^{US-NS} = PL^{US} \text{ und} \\ & \min(MTR^{new}, MTR^{US-NS}) > MTR^{US} \end{aligned}$$

[0040] Wenn die Aktualisierungskriterien für eine empfangene Eingabe erfüllt worden sind, werden einige Felder des Inhaltes bis zu dem betreffenden Zeitpunkt wie folgt ersetzt:

- die nächste Sprungterminal-ID wird durch die ID der betreffenden benachbarten Station ersetzt.
- die Erzeugungszeit der neuen Eingabe wird angenommen: $t_{gen}^{US} = t_{gen}^{new}$
- die neue Streckenlänge ist: $PL^{US} = PL^{new} + PL^{US-NS}$
- die neue maximale Datenrate ist: $MTR^{US} = \min(MTR^{new}, MTR^{US-NS})$.

[0041] Auch in diesem Fall muss die Station die Zeit t_{gen}^{new} in das neue Zeitsystem umsetzen, und zwar bevor Zeitvergleiche und Ersatz durchgeführt werden kann (siehe die nachstehende Erläuterung).

[0042] [Fig. 2](#) zeigt ein Netzwerk mit 5 Subnetzwerken 10 bis 14 zu einem ersten Zeitpunkt t_0 . Die Subnetzwerke 10 bis 14 werden je von einem betreffenden zentralen Controller CC1 bis CC5 gesteuert. Die einzelnen Subnetzwerke 10 bis 14 können je über Brückenknoten oder "Forwarders" F1 bis F5 verbunden werden. Der Brückenknoten F1 verbindet die Subnetzwerke 10 und 11, der Brückenknoten F2 verbindet die Subnetzwerke 11 und 12, der Brückenknoten F3 verbindet die Subnetzwerke 11 und 13, der Brückenknoten F4 verbindet die Subnetzwerke 12

und **14** und der Brückenknoten F5 verbindet die Subnetzwerke **13** und **14**. So ist beispielsweise eine Station ST1 in dem Subnetzwerk **11** vorhanden. Die Subnetzwerke **10** bis **14** können weitere Stationen oder Knoten (nicht dargestellt) auf jede beliebige Art und Weise enthalten. Außerdem zeigt [Fig. 2](#) die Übertragungsraten der Kopplungen zwischen den einzelnen Subnetzwerken sowie zwischen dem CC2 und der Station ST1. Die Übertragungsrate zwischen dem Subnetzwerk **10** und dem Subnetzwerk **11** über den Forwarder F1 ist 10 Mbit/s, die Übertragungsrate zwischen dem Subnetzwerk **11** und dem Subnetzwerk **12** über den Forwarder F2 ist 5 Mbit/s, die Übertragungsrate zwischen dem Subnetzwerk **11** und dem Subnetzwerk **13** über den Forwarder F3 ist 0,1 Mbit/s, die Übertragungsrate zwischen dem Subnetzwerk **12** und dem Subnetzwerk **14** über den Forwarder F4 ist 1 Mbit/s und die Übertragungsrate zwischen dem Subnetzwerk **13** und dem Subnetzwerk **14** über den Forwarder F5 ist 3 Mbit/s. Zum Schluss ist die Übertragungsrate zwischen dem Controller CC2 und der Station ST1 5 Mbit/s. Die Kopplungen in dem Netzwerk, beispielsweise in [Fig. 2](#) dargestellt, laufen folglich immer über die zentralen Controller CC1 bis CC5.

[0043] [Fig. 3](#) zeigt das Netzwerk mit 5 Subnetzwerken nach [Fig. 1](#) zu einem zweiten Zeitpunkt t1. Die Topologie des Netzwerkes hat sich zu diesem Zeitpunkt geändert, d.h. die Station ST1 hat sich von dem Subnetzwerk **11** zu dem benachbarten Subnetzwerk **10** verlagert. Die Übertragungsrate zwischen dem Controller CC1 und dem Subnetzwerk **10** und der Station ST1 ist nun 10 Mb/s.

[0044] [Fig. 4](#) zeigt die Änderungen in den Routingtabellen der Controller CC1 bis CC5 in der Zeit als Ergebnis der Verschiebung der Station ST1 von dem Subnetzwerk **11** nach [Fig. 2](#) zu dem Subnetzwerk **10** nach [Fig. 3](#).

[0045] Die Tabelle nach [Fig. 4](#) enthält eine Spalte für jeden der Controller CC1 bis CC5. Die Felder der Routingtabellen der einzelnen Controller für die Zielstation ST sind in den Spalten zu fünf verschiedenen Zeitpunkten **10** bis **14** für die Controller CC1 bis CC5 angegeben. Die Felder in diesem Beispiel haben je 5 Subfelder. Das entsprechend [Fig. 1](#) vorgesehene Subfeld mit der Identifikationsnummer (ID) der betreffenden Zielstation ist in [Fig. 4](#) nicht dargestellt, weil [Fig. 4](#) nur Routinginformation in Bezug auf die Zielstation ST1 enthält.

[0046] Das obere Subfeld der Felder in [Fig. 4](#) gibt den Brückenknoten oder den Forwarder an, dem die Daten, bestimmt für die Station ST1, zugeführt werden sollen. Dies bedeutet, dass nur der sog. Nächste Sprung zu der Zielstation ST1 jeweils für diese Zielstation ST1 gespeichert wird. Das zweite Subfeld **5** von oben enthält die restliche Streckenlänge

bis zu der Zielstation. Das zentrale Subfeld enthält die maximale Datenrate, mit der Daten der Zielstation ST1 zugeführt werden können. Diese Datenrate entspricht der minimalen Datenrate aller konstituierenden Strecken von dem betreffenden Controller bis an die Zielstation ST1. Das zweite Subfeld von unten schafft die Erzeugungszeit t_{gen} des Feldes für die Zielstation ST1 mit Hilfe der Topologieänderungsinformation. Die Erzeugungszeit t_{gen} gibt an, wann eine Änderung in der Netzwerktopologie für die Zielstation ST1 aufgetreten ist. Diese Station detektiert die Änderung in der Netzwerktopologie und führt danach eine Änderung in dem Inhalt des Feldes in der örtlichen Routingtabelle durch. In dem vorliegenden Fall ist dies der Controller CC1 des Subnetzwerkes **10**. Das untere Subfeld enthält die Zeit t_{reg} . Dies gibt an, wann die Änderung in der Netzwerktopologie in die Routingtabelle durch die betreffende Station eingeschlossen wurde, d.h. in diesem Beispiel von den betreffenden Controllern, oder wann die von den Nachbarstationen übertragenen Änderungen angenommen wurden.

[0047] In dem vorliegenden Beispiel enthält die Spalte die Felder der Routingtabellen der Controller CC1 bis CC5 für die Zielstation ST1 und das Netzwerk nach [Fig. 2](#) zu dem Zeitpunkt t0.

[0048] Zu dem Zeitpunkt t1 wird die Zielstation ST1 von dem Subnetzwerk **11** zu dem Subnetzwerk **10** verschoben. Dies entspricht der Netzwerktopologie nach [Fig. 3](#). Dies wird durch den Controller CC1 des Subnetzwerkes **10** erkannt, und dieser Controller CC1 ändert auf entsprechende Weise die Routingtabelle zu dem Zeitpunkt t1. Die Topologieänderungsinformation ist auf entsprechende Weise zu dem Zeitpunkt t1 erschienen, was bedeutet, dass $t_{\text{gen}} = 1$ eingestellt wird. Die Änderung, die in der Netzwerktopologie aufgetreten ist, wurde auch durch den Controller CC1 in die Routingtabelle eingegeben, und zwar zu dem Zeitpunkt t1 und wurde auf entsprechende Weise registriert. Dies bedeutet, dass t_{reg} ebenfalls auf 1 gesetzt wird.

[0049] Die Controller CC2 bis CC5 kennen die Änderung in der Netzwerktopologie zu dem Zeitpunkt t1 noch nicht. Diese Information muss zunächst über das Netzwerk verteilt werden. Dies geschieht mit Hilfe der Anträge, die von den einzelnen Controllern den benachbarten Controllern zu regelmäßigen Intervallen zugeführt werden und mit Hilfe der betreffenden Antworten der auf diese Weise adressierten Controller.

[0050] Der Controller CC2 empfängt eine Antwort auf seinen Antrag von dem Controller CC1 zu dem Zeitpunkt t2 und die Änderung in der Netzwerktopologie wird in die Routingtabelle von CC2 eingegeben. Da die Topologieänderung zu dem Zeitpunkt t1 aufgetreten ist, wird $t_{\text{gen}} = 1$ gesetzt. Die Änderung in der

Netzwerktopologie wurde von dem Controller CC2 zu dem Zeitpunkt t_2 in die Routingtabelle eingegeben und auf entsprechende Weise registriert. Dies bedeutet, dass t_{reg} auf 2 gesetzt wird.

[0051] Die Controller CC3 und CC4 empfangen eine Antwort auf ihre Anträge von dem Controller CC2 zu dem Zeitpunkt t_3 und die Änderung in der Netzwerktopologie wird in die Routingtabellen von CC3 und CC4 eingegeben. Da die Topologieänderung zu dem Zeitpunkt t_1 aufgetreten ist, wird $t_{\text{gen}} = 1$ gesetzt. Die Änderung in der Netzwerktopologie wurde von den Controllern CC3 und CC4 zu dem Zeitpunkt t_3 in die Routingtabellen eingegeben und auf entsprechende Weise registriert. Dies bedeutet, dass t_{reg} für 3 gesetzt wird.

[0052] Der Controller CC5 empfängt eine Antwort auf seinen Antrag von dem Controller CC3 und/oder dem Controller CC4 zu dem Zeitpunkt t_4 und die Änderung in der Netzwerktopologie wird in die Routingtabelle von CC5 eingegeben. Da die Topologieänderung zu dem Zeitpunkt t_1 aufgetreten ist, wird $t_{\text{gen}} = 1$ gesetzt. Die Änderung in der Netzwerktopologie wurde in die Routingtabelle des betreffenden Controllers CC5 zu dem Zeitpunkt t_4 eingegeben und auf entsprechende Weise registriert. Dies bedeutet, dass t_{reg} für 4 gesetzt wird.

[0053] Die weiteren Subfelder werden ebenfalls auf entsprechende Weise an die geänderte Netzwerktopologie zu den betreffenden Zeitpunkten t_1 bis t_4 angepasst.

[0054] Zusätzliche Funktionen können, falls erwünscht, in der Routing implementiert werden. Die konstante Erneuerungsperiode der Routingtabellen bedeutet, dass Topologieänderungen, die zwischen zwei Aktualisierungsmomenten auftreten, nicht unmittelbar den benachbarten Stationen mitgeteilt werden, sondern zu dem nächsten Aktualisierungszeitpunkt. Auf vorteilhafte Weise aber können besonders wichtige Änderungen, wie das Fehlen von Verbindungsstrecken, auch den Nachbarn ohne jeglichen vorhergehenden Antrag mitgeteilt werden. Dies geschieht mit Hilfe einer Aktualisierungstriggernachricht, welche die relevanten Eingaben in Bezug auf die geänderten Felder enthält.

[0055] Um zu vermeiden, dass Daten über aktuelle Verbindungen in der Zeit zwischen der Topologieänderung und dem nächsten Aktualisierungszeitpunkt verloren gehen, kann weiterhin der Knoten, der die Topologieänderung detektiert, eine Fehlernachricht zu den Quellen oder Endgeräten der betreffenden Verbindungen senden, damit die aktuelle Verbindung endet.

[0056] Die Zeitpunkte t_{up} , t_{gen} und t_{reg} , die in dem Protokoll definiert sind, können verschiedenartig codiert

werden. Eine deutliche Codierung bezieht sich auf einen gesamten Systemtakt, der als ein Vielfaches eines Basistaktes modulo einem maximalen Wert in Form einer Bitsequenz. Die Anwendung eines gesamten Systemtaktes würde eine Synchronisation aller Stationen des Netzwerkes erfordern. Einige Kommunikationsnormen (beispielsweise die Norm 1394.1) erreichen bereits eine Synchronisation aller Geräte eines Netzwerkes, aber die Verfügbarkeit eines gesamten Systemtaktes kann im Allgemeinen nicht als selbstverständlich angesehen werden.

[0057] Aus diesem Grund wird die Anwendung eines gesamten Systemtaktes vermieden. Der Algorithmus ist im Wesentlichen bereits völlig funktionell, wenn benachbarte Stationen über die Differenz zwischen den örtlichen Zeiten oder Takten informiert werden. Auf entsprechende Weise ist vorgesehen, dass benachbarte Stationen einander über ihre bevorzugten örtlichen Systemtakte informieren. Die Periode dieses Informationsaustausches kann üblicherweise extrem lang gewählt werden, wie nachstehend noch näher erläutert wird. Der Taktinformationsaustausch stellt auf diese Weise eine vernachlässigbar kleine Beanspruchung von Übertragungsmitteln dar.

[0058] Jede Station speichert die Differenz zwischen ihrer örtlichen Zeit und der örtlichen Zeit jeder einzelnen benachbarten Station. Wenn eine Station einen Aktualisierungsantrag mit dem Parameter t_{up} empfängt, wird sie die Taktdifferenz, die in Bezug auf die betreffende benachbarte Station gespeichert wurde, zu t_{up} hinzu addieren um den Zeitpunkt der jüngsten Änderung in der Routingtabelle der benachbarten Station in das eigene Zeitsystem umzusetzen. Danach kann die umgesetzte Zeit t_{up} mit den Registrationszeiten t_{reg} der eigenen Routingeingaben verglichen werden, und zwar entsprechen der normalen Routingprozedur, und es kann eine Aktualisierungsantwort erzeugt werden. Wenn eine Station eine Aktualisierungsantwort auf einen vorhergehenden Aktualisierungsantrag empfängt, wird die Erzeugungszeit t_{gen} jeder empfangenen Eingabe zunächst in das örtliche Zeitsystem umgesetzt, genau wie in dem vorhergehenden Fall, indem die Taktdifferenz mit der betreffenden benachbarten Station zu der Zeit t_{gen} hinzugefügt wird. Danach wird entsprechend dem normalen Lauf des Routingalgorithmus entschieden, ob die empfangene Eingabe in die eigene Routingtabelle eingeschlossen werden soll oder nicht.

[0059] Es sei bemerkt, dass die von zwei benachbarten Stationen gespeicherte Taktdifferenz entgegengesetzte Vorzeichen hat, d.h. im Falle eines Austausches eines Aktualisierungsantrags und einer Aktualisierungsantwort zwischen zwei benachbarten Stationen die Addition eines positiven Taktdifferenzwertes in der einen Station wird der Subtraktion desselben positiven Wertes in der anderen Station (d.h. die Addierung eines negativen Wertes) entsprechen.

[0060] Die Taktgeneratoren haben zur Zeit meistens eine Genauigkeit in dem Mikrosekunden- oder Nanosekundenbereich. Eine derartige hohe Genauigkeit der Zeitdefinition ist für die einschlägige Routingprozedur nicht notwendig. Zur Minimierung der Anzahl zu übertragender Bits wird auf entsprechende Weise nicht mehr als ein Bruchteil der internen Takte der Stationen für die Zeitindikatoren t_{up} , t_{gen} und t_{reg} verwendet.

[0061] [Fig. 5](#) zeigt als Beispiel einen Auszug eines kompletten Zeitregisters. Die Intervalle des in [Fig. 5](#) dargestellten Registers stimmen mit einzelnen Bits überein. Der Zeitwert ist binär codiert, wobei die Signifikanz der Bits von rechts nach links zunimmt, so dass das signifikanteste Bit (MSB) äußerst links liegt.

[0062] Der Auszug des für die Routingprozedur gewählten Registers, in [Fig. 5](#) schraffiert dargestellt, wird durch die zwei Zeiten T_{max} und T_{min} bestimmt.

[0063] Die obere Grenze des gewählten Registerauszugs bestimmt die maximale Zeit, nach der eine Eingabe in eine Routingtabelle gelöscht werden soll. Dies basiert auf der Modulo-Definition des Zeitauszugs innerhalb der Routingprozedur. Eine Station muss jede Eingabe, die bereits in der Routingtabelle vorhanden ist, bei jedem Zeitschritt ($T_{precision}$) untersuchen, ob die Erzeugungszeit t_{gen} der Eingabe der aktuellen örtlichen Zeit entspricht (oder dem Auszug des Zeitregisters). Sollte dies der Fall sein, so wird die Eingabe gelöscht. Dies ist, weil es sonst den Anschein hätte, dass eine alte Eingabe nach einer Modulo-Periode wegen der Modulo-Definition wieder hoch aktuell wäre.

[0064] Die Größenordnung von T_{min} bestimmt die Genauigkeit der Zeitcodierung und basiert sich auf der minimalen Periode der Übertragung der Aktualisierungsantragsnachrichten. Der Grund dazu ist, dass alle Eingaben, die sich in der antwortenden Station seit der jüngsten Aktualisierung der beantragenden Station änderten, der beantragenden Station zugesendet werden, unabhängig davon, ob die Änderungen kurz oder lange nach der jüngsten Aktualisierung implementiert wurden. Dasselbe gilt für den Ersatz der Eingaben in die beantragende Station. Eine genauere Codierung der Zeit wird keinen Vorteil in dieser Hinsicht liefern und wird vorwiegend Übertragungskapazität beanspruchen.

[0065] Auf vorteilhafte Weise wird aber ein Auszug, vergrößert um einige Bits in der Abwärtsrichtung (bis zu der Zeit $T_{precision}$ in [Fig. 5](#)) zur Übertragung und Speicherung der Zeiten t_{up} , t_{gen} und t_{reg} gewählt, obschon nur die in [Fig. 5](#) völlig schraffierten Bits in dem Routingalgorithmus wirklich verarbeitet werden. Fortpflanzungseffekte von Rundungsfehlern bei der Umwandlung der Takte eines einzigen Zeitsystems in ein anderes Zeitsystem können auf diese vermieden

werden.

[0066] Der Registerauszug wird nur einmal festgelegt und kann im Betrieb der einzelnen Station nicht geändert werden.

[0067] Dasselbe gilt aber nicht für die Periode der Übertragung der Aktualisierungsantragsnachrichten. Das Routingverfahren erfordert nicht, dass alle Stationen dieselbe Periode verwenden. Dies wird in dem Sinne ausgenutzt, dass jede Station die eigene Aktualisierungsperiode im Betrieb optimiert. Leere Aktualisierungsantwortnachrichten können beispielsweise auf die Tatsache hinweisen, dass die Aktualisierungsperiode erweitert werden kann. Hohe Topologieänderungsraten und nachfolgende Unterbrechungen und Paketverluste sollen zu einer Reduktion der Aktualisierungsperiode führen. Das Routingverfahren passt sich auf diese Weise automatisch an mehrere Systemszenarien und Mobilitätsraten an.

[0068] Entsprechend den dargestellten Codierungsinstruktionen kann das oben gemachte Aussage nun motiviert werden, d.h. die Aussage, dass es sein kann, dass der Informationsaustausch zum Ermitteln der Taktdifferenzen zwischen benachbarten Stationen relativ selten stattfindet: die Frequenz des Informationsaustausches folgt der sog. Taktrift des örtlichen Taktgenerators jeder Station. Üblicherweise ist die Taktrift um eine Größenordnung oder um mehrere Größenordnungen niedriger als der minimale Codierungspegel des Taktregisters (des am wenigsten signifikanten Bits oder LSB in [Fig. 5](#)). Die untere Grenze des betreffenden Auszugs, die die Zeit T_{min} wird aber derart gewählt, dass diese um einige Zweierpotenzen höher ist, wie in [Fig. 5](#) dargestellt. Ein Informationsaustausch über die Taktdifferenzen soll dann spätestens stattfinden, wenn eine Verschiebung um die Größenordnung von $T_{precision}$ auf Kosten der Taktrift erreicht werden könnte.

[0069] Nachstehend wird der Austausch von Information über die Taktdifferenzen für ein selbst organisierendes Netzwerk in Form von Subnetzwerken oder Cluster dargestellt. Ein Beispiel eines derartigen Netzwerkes ist in [Fig. 6](#) dargestellt.

[0070] In dem Cluster-basierten Netzwerk nach [Fig. 6](#) führt eine einzige Station, der zentrale Controller (CC), den Routingalgorithmus für alle Stationen des eigenen Clusters durch. Das Netzwerk nach [Fig. 6](#) umfasst fünf Cluster **20** bis **24**. Die Cluster **20** bis **24** haben CC 30 bis 34. Dies bedeutet, dass nur die CC 30 bis 34 in dem Sinne des oben beschriebenen Routingverfahrens Nachbarn sind. Die CC können aber im Allgemeinen unmittelbar miteinander kommunizieren, sie müssen aber über sog. Transportterminals (FT) Information austauschen, die in den einander überlappenden Gebieten der Cluster liegen. Die Cluster **20** und **22** sind mit Hilfe eines FTs

40 miteinander verbunden, die Cluster 21 und 22 mit Hilfe eines FTs 41, die Cluster 22 und 23 mit Hilfe eines FTs 42, und die Cluster 24 und 22 mit Hilfe eines FTs 43. Das Cluster 20 hat beispielsweise eine weitere Station 50, das Cluster 21 hat weitere Stationen 51 und 52, das Cluster 23 hat weitere Stationen 53 und 54, und das Cluster 24 hat weitere Stationen 55 und 57.

[0071] Die Zeit oder Taktinformation wird zwischen den CCn 20 bis 24 auf die nachfolgende Art und Weise ausgetauscht: jeder FT 40 bis 43 und jeder CC 20 bis 24 speichert eine Kopie des kompletten Taktregisters am Anfang jedes MAC Frames. Weiterhin überträgt jeder CC periodisch (entsprechend der Periode des Taktinformationsaustausches) eine Sendenachricht innerhalb des Clusters, in dem die Kopie des Taktregisters am Start des aktuellen MAC Frames als ein Parameter vorhanden ist. Die FT, die diese Nachricht empfangen, bilden die Differenz zwischen der Kopie des eigenen Taktregisters und der empfangenen Kopie des Taktregisters des CCs. Auf diese Weise bestimmen sie die Verschiebung zwischen den Takten des CCs und den eigenen Takten und speichern diese Differenz. Wenn ein FT einmal die Differenz mit einem weiteren CC durch dieselbe Prozedur ermittelt hat, ist er imstande, die Taktdifferenz der zwei CC durch Subtraktion der zwei Schiebewerte zu ermitteln. Die Taktdifferenz wird danach den zwei CC in einer Signalisierungsnachricht, speziell dazu entworfen, übertragen.

Text in der Zeichnung

Fig. 1

Jüngste Aktualisierungszeit t_{up}
 Struktur einer Eingabe
 Zielgerät-ID ← Zugriffsschlüssel
 Nächstes Sprungterminal
 Erzeugungszeitpunkt t_{gen}
 Registrationszeitpunkt t_{reg}
 Weglänge in Sprüngen PL
 Maximale Datenrate MTR

Patentansprüche

1. Dynamisches Netzwerk mit einer Anzahl Netzknoten, wobei ein Netzknoten eine örtliche Routingtabelle zur Speicherung von Routinginformation aufweist, wobei die Routinginformation in Feldern (T_1-T_N) gespeichert ist, die Parameter von Zielknoten aufweisen, wobei die Felder (T_1-T_N) Subfelder (1-6) aufweisen, in denen Folgendes vorgesehen ist:

- das Übertragen eines Aktualisierungsantrags durch den Netzknoten zu anderen Netzknoten zur Aktualisierung der Örtlichen Routingtabelle, und
- das Übertragen einer Aktualisierungsantwort durch die betreffenden anderen Netzknoten mit aktualisierter Routinginformation zu dem beantragenden Netzknoten,

knoten,

dadurch gekennzeichnet, dass

- die örtliche Routingtabelle eine Tabellenaktualisierungsinformation (t_{up}) enthält, welche die jüngste Aktualisierung der örtlichen Routingtabelle angibt, wobei die örtliche Routingtabelle ein Feld (T_1-T_N) für jeden Netzknoten enthält, auf das der beantragende Netzknoten zugreifen kann, wobei jedes Feld (T_1-T_N) der örtlichen Routingtabelle ein Subfeld (4) mit Feldaktualisierungsinformation (t_{reg}) aufweist, das die jüngste Aktualisierung des einzelnen Feldes (T_1-T_N) angibt, wobei der Aktualisierungsantrag die Tabellenaktualisierungsinformation (t_{up}) des beantragenden Netzknotens umfasst und die Aktualisierungsantwort Routinginformation nur derjenigen Felder (T_1-T_N) enthält, für welche die Feldaktualisierungsinformation (t_{reg}) des betreffenden anderen Netzknotens aktueller ist als die Tabellenaktualisierungsinformation (t_{up}) des beantragenden Netzknotens.

2. Netzwerk nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Felder der örtlichen Routingtabelle eine Topologieänderungsinformation (t_{gen}) zum Kennzeichnen der Aktualität einer Änderung in der Netzwerktopologie.

3. Netzwerk nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Aktualisierungsantwort die Topologieänderungsinformation (t_{gen}) aufweist und dass der beantragende Netzknoten nach dem Empfang der Aktualisierungsantwort von den betreffenden anderen Netzknoten eine Aktualisierung der örtlichen Routingtabelle durchführt, wenn die Topologieänderungsinformation (t_{gen}) des betreffenden anderen Netzknotens aktueller ist als die Topologieänderungsinformation (t_{gen}) des beantragenden Netzknotens.

4. Netzwerk nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Tabellenaktualisierungsinformation (t_{up}) und/oder die Topologieänderungsinformation (t_{gen}) Zeitinformatioenselemente sind.

5. Netzwerk nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Tabellenaktualisierungsinformation (t_{up}) und/oder die Feldaktualisierungsinformation (r_{reg}) und/oder die Topologieänderungsinformation (t_{gen}) durch Sequenznummern gebildet wird/werden.

6. Netzwerk nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der beantragende Netzknoten nach Empfang der Aktualisierungsantwort von den betreffenden anderen Netzknoten eine Aktualisierung der örtlichen Routingtabelle durchführt, wenn die Topologieänderungsinformation (t_{gen}) des betreffenden anderen Netzknotens ebenso aktuell ist wie die Topologieänderungsinformation (t_{gen}) des beantragenden Netzknotens und die Weglänge (PL) zu dem betreffenden Zielknoten durch die

Aktualisierung kürzer gemacht wird.

7. Netzwerk nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der beantragende Netzknoten nach dem Empfang der Aktualisierungsantwort von den betreffenden anderen Netzknoten eine Aktualisierung der örtlichen Routingtabelle durchführt, wenn die Topologieänderungsinformation (t_{gen}) des betreffenden anderen Netzknotens ebenso aktuell ist wie die Topologieänderungsinformation (t_{gen}) des beantragenden Netzknotens und die maximale Datenübertragungsrate (MRT) zu dem vorgestellten Zielknoten durch die Aktualisierung höher gemacht wird.

8. Routingverfahren für ein dynamisches Netzwerk mit einer Anzahl Netzknoten, wobei dieses Verfahren die nachfolgenden Verfahrensschritte umfasst:

- das Speichern von Routinginformation in einer örtlichen Routingtabelle in Netzknoten des Netzwerkes, wobei die örtliche Routingtabelle Routinginformation aufweist, die in Feldern (T_1-T_N) gespeichert ist zur Speicherung von Parametern von Zielknoten, wobei die Felder (T_1-T_N) Subfelder (1-6) aufweisen,
- das Übertragen eines Aktualisierungsantrags durch den Netzknoten zu anderen Netzknoten zur Aktualisierung der örtlichen Routingtabelle, und
- in dem beantragenden Netzknoten das Empfangen einer Aktualisierungsantwort, die von den anderen betreffenden Netzknoten mit aktualisierter Routinginformation zu den beantragenden Netzknoten übertragen worden ist, dadurch gekennzeichnet, dass
 - eine Tabellenaktualisierungsinformation (t_{up}) in der örtlichen Routingtabelle gespeichert wird, welche die jüngste Aktualisierung der örtlichen Routingtabelle angibt,
 - die örtliche Routingtabelle ein Feld (T_1-T_N) für jeden Netzknoten aufweist, auf den durch den beantragenden Netzknoten zugegriffen werden kann, wobei jedes Feld (T_1-T_N) der örtlichen Routingtabelle ein Subfeld (4) aufweist, das Feldaktualisierungsinformation (t_{reg}) aufweist, welche die jüngste Aktualisierung des einzelnen Feldes (T_1-T_N) angibt,
 - der Aktualisierungsantrag die Tabellenaktualisierungsinformation (t_{up}) des beantragenden Netzknotens enthält,
 - die empfangene Tabellenaktualisierungsinformation (t_{up}) in den betreffenden Netzknoten mit der Feldaktualisierungsinformation (t_{reg}) der örtlichen Routingtabelle der betreffenden anderen Netzknoten verglichen wird,
 - die Aktualisierungsantwort dem beantragenden Netzknoten zugeführt wird, wobei die Aktualisierungsantwort nur Routinginformation derjenigen Felder enthält, für welche die Feldaktualisierungsinformation (t_{reg}) des betreffenden anderen Netzknotens aktueller ist als die Tabellenaktualisierungsinformation (t_{up}) des beantragenden Netzknotens.

9. Netzknoten in einem dynamischen Netzwerk, wobei der Netzknoten eine örtliche Routingtabelle zur Speicherung von Routinginformation aufweist, eine örtliche Routingtabelle Felder (T_1-T_N) zur Speicherung von Parametern von Zielknoten aufweist; wobei Folgendes vorgesehen ist:

- das Übertragen eines Aktualisierungsantrags durch den Netzknoten zu anderen Netzknoten zur Aktualisierung der örtlichen Routingtabelle, und
- das Empfangen einer Aktualisierungsantwort von den betreffenden anderen Netzknoten mit Aktualisierung von Routinginformation in dem beantragenden Netzknoten, dadurch gekennzeichnet, dass eine örtliche Routingtabelle eine Tabellenaktualisierungsinformation (t_{up}) aufweist, welche die jüngste Aktualisierung der örtlichen Routingtabelle angibt, dass die örtliche Routingtabelle ein Feld (T_1-T_N) für jeden Netzknoten aufweist, auf das der beantragende Netzknoten zugreifen kann, wobei jedes Feld (T_1-T_N) der örtlichen Routingtabelle ein Subfeld (4) aufweist, das Feldaktualisierungsinformation (t_{reg}) enthält, welche die jüngste Aktualisierung des einzelnen Feldes (T_1-T_N) angibt, wobei der Aktualisierungsantrag die Tabellenaktualisierungsinformation (t_{up}) des beantragenden Netzknotens enthält und die Aktualisierungsantwort nur Routinginformation derjenigen Felder (T_1-T_N) enthält, für welche die Feldaktualisierungsinformation des betreffenden anderen Netzknotens aktueller ist als die Tabellenaktualisierungsinformation (t_{up}) des beantragenden Netzknotens.

10. Netzwerk nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass eine Periode zur Übertragung eines Aktualisierungsantrags zur Aktualisierung der Routinginformation abhängig von einer Topologieänderungsrate ermittelt wird.

11. Netzwerk nach einem der Ansprüche 1 bis 7, 10 dadurch gekennzeichnet, dass ein Netzknoten als Controller (CC) verwirklicht wird, wobei jeder Controller eine zentrale örtliche Routingtabelle aller Netzknoten innerhalb eines vorbestimmten Subnetzwerkes speichert und verwaltet, wobei das Netzwerk durch eine Anzahl Subnetzwerke gebildet wird, wobei die Subnetzwerke mit Hilfe betreffender Forwarding-Endgeräte miteinander verbunden sind.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

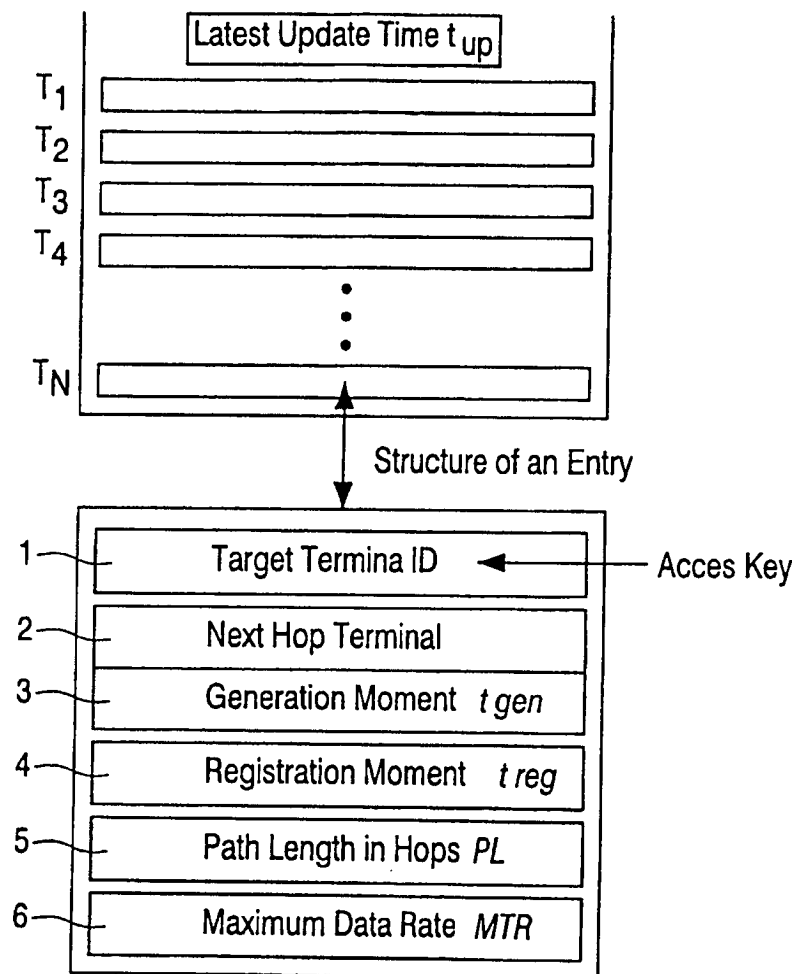


Fig.1

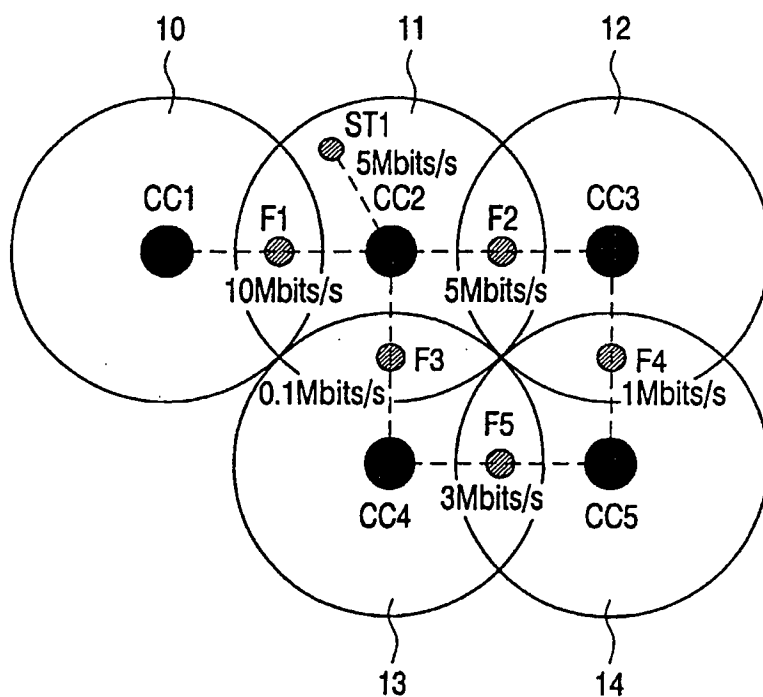


Fig.2

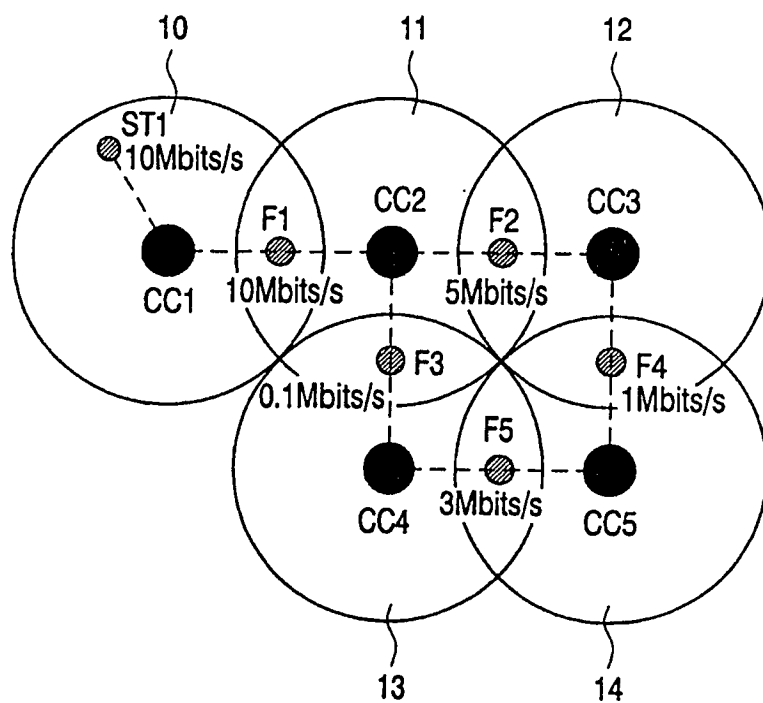


Fig.3

	CC1	CC2	CC3	CC4	CC5
t_0	F1 3 5Mbit/s 0 0	- 1 5Mbit/s 0 0	F2 3 5Mbit/s 0 0	F3 3 0,1Mbit/s 0 0	F4 5 1Mbit/s 0 0
t_1	- 1 10Mbit/s 1 1	- - - - -	F2 3 5Mbit/s 0 0	F3 3 0,1Mbit/s 0 0	F4 5 1Mbit/s 0 0
t_2	- 1 10Mbit/s 1 1	F1 3 10Mbit/s 1 2	F2 3 5Mbit/s 0 0	F3 3 0,1Mbit/s 0 0	F4 5 1Mbit/s 0 0
t_3	- 1 10Mbit/s 1 1	F1 3 10Mbit/s 1 2	F2 5 5Mbit/s 1 3	F3 5 0,1Mbit/s 1 3	F4 5 1Mbit/s 0 0
t_4	- 1 10Mbit/s 1 1	F1 3 10Mbit/s 1 2	F2 5 5Mbit/s 1 3	F3 5 0,1Mbit/s 1 3	F4 7 1Mbit/s 1 4

Fig.4

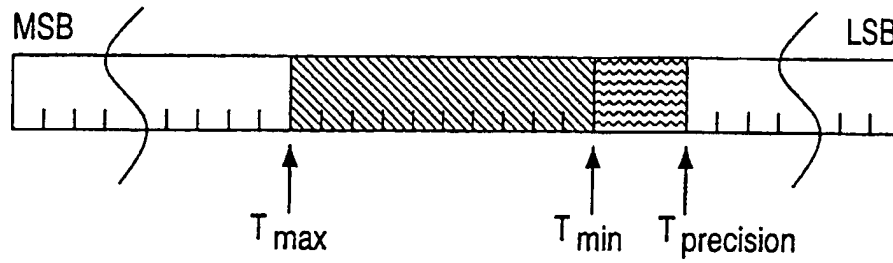


Fig.5

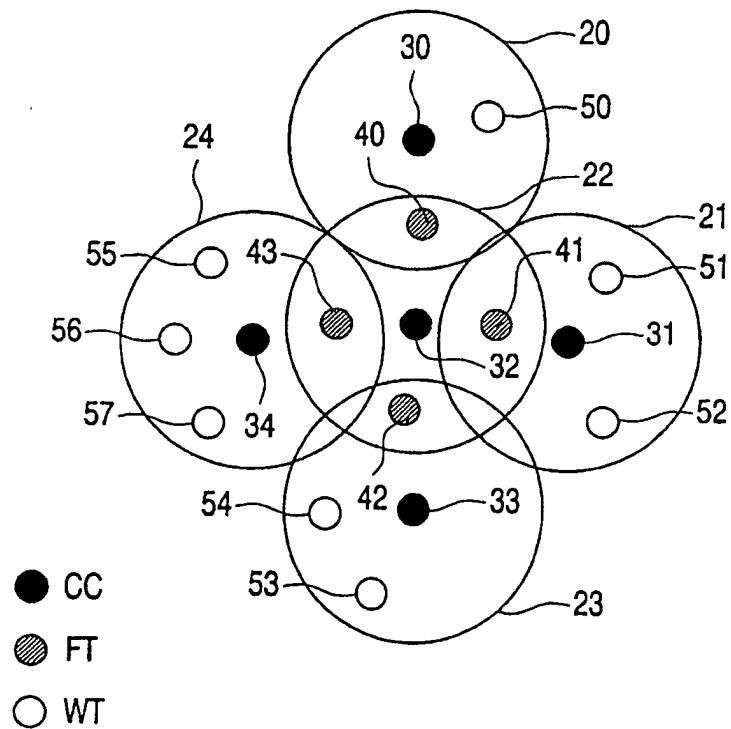


Fig.6