



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 11 547 T2** 2007.10.25

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 395 001 B1**

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

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 11 547.0**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 004 383.0**

(96) Europäischer Anmeldetag: **03.03.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **03.03.2004**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **31.01.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **25.10.2007**

(30) Unionspriorität:

02130465 20.08.2002 CN

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:

**Hitachi, Ltd., Tokyo, JP; Tsinghua University,
Beijing, CN**

(72) Erfinder:

**Onwuka, E.N, Tsinghua University, Beijing,
100084, CN; Niu, Z.S, Tsinghua University, Beijing,
100084, CN; Yano, Hitachi, Masashi, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8220, JP; Tanabe, Hitachi, Shiro,
Chiyoda-ku, Tokyo 100-8220, JP**

(74) Vertreter:

**BEETZ & PARTNER Patentanwälte, 80538
München**

(54) Bezeichnung: **Hierarchisches Paketfunkkommunikationsnetz und Kommunikationsverfahren dafür**

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**HINTERGRUND DER ERFINDUNG**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein ein mobiles Kommunikationsnetzwerk und insbesondere ein hierarchisches, mobiles Paketkommunikationsnetzwerk und ein Kommunikationsverfahren dafür, das auf IPv6-Basis sein kann.

[0002] Trends bei mobilen/drahtlosen Kommunikationen in den letzten Jahren haben gezeigt, dass die Anzahl der Teilnehmer an der mobilen Kommunikation nur durch die verfügbare Technologie eingeschränkt wird. Aufgrund der robusten und flexiblen Eigenschaften des Internet-Protokolls (IP) wird es zurzeit als Basis für zukünftige mobile Kommunikationen definiert. Der Sorge wegen einer Adressenerschöpfung bzw. -verarmung im IPv4 ist bereits durch IPv6 Einhalt geboten worden. Um die Bedürfnisse von Echtzeit-Anwendungen und die Erwartungen künftiger Drahtlos-Benutzer an eine Serviceniveau-Qualität ähnlich derjenigen bei Leitungsnetz-Benutzern zu erfüllen, ist die IETF (Internet Engineering Task Force) gerade dabei, IP-Mobilitätsprotokolle zu spezifizieren und zu überprüfen. Am beliebtesten unter den vielen IP-Mobilitätsprotokollen sind das MIP und MIPv6, die durch die IETF für die IP-Versionen 4 bzw. 6 spezifiziert sind. Diese Protokolle, und insbesondere Mobile IPv6, neigen zu Leistungs- und Skalierbarkeitsproblemen. In dem Bemühen, diese Probleme zu lösen, sind in der Literatur viele Mikromobilitätsvorschläge gemacht worden, aber gewöhnlich verzichten sie wegen der Leistung auf Skalierbarkeit oder umgekehrt.

[0003] Das derzeitige Bemühen, Internet-Protokoll (IP)-Technologien und mobile Telekommunikations-Technologien in drahtlosen Kommunikationen mit einem Ganz-IP-Kern zu verschmelzen, hat die wissenschaftliche Gemeinschaft vor eine große Herausforderung gestellt. Als Ergebnis arbeiten sowohl Einzelpersonen als auch Gruppen von Universitäten und Firmen und verschiedene Kategorien von Standardisierungsgremien Lösungen in Richtung dieser neuen Ära mobiler Datenkommunikationen aus, die auf IP-Fundamenten aufbauen. Es wird erwartet, dass Ganz-IP-Drahtlos-Netzwerke der Beginn der viel diskutierten universellen mobilen Telekommunikationen sein werden. Durch diverse drahtlose IP-adressierfähige Endgeräte werden sich bewegende Benutzer bzw. Gastbenutzer endlich Zugriff auf integrierte Daten-, Sprach- und Multimediadienste des Internets haben.

[0004] Die Hauptbemühungen auf diesem Gebiet der Forschungsaktivitäten sind das IETF Mobile IP (MIP), das in dem IPv4 bzw. dem IETF Mobile IPv6 definiert ist. Sie sind in „IP Mobility Support“, IETF RFC 2002, Okt. 1996, von C. Perkins bzw. „Mobility support in IPv6“, Internet-Entwurf, draft-ietf-mobileip-ipv6-15.txt, Juli 2001, von D.B. Johnson und C. Perkins dargelegt. Diese beiden Lösungen sind im Prinzip das Gleiche, ausgenommen die Einfügung einiger Mobilitätsmerkmale in das IPv6. MIP ist auf der Robustheit, Kosteneffizienz, Anwendungsflexibilität und Transparenz von IP-Technologien aufgebaut. Daher ergab sich aus ihm eine einfache, robuste Lösung für eine globale Mobilität, aber neben anderen Mängeln ist es nicht skalierbar. Eine Qualität, die bei zukünftigen mobilen Kommunikationsnetzwerken erforderlich ist, ist Skalierbarkeit, d. h. die Fähigkeit, die Leistung bei steigender Anzahl mobiler Endgeräte aufrechtzuerhalten. Andere Probleme bei MIP und MIPv6 sind, dass sie schnelle Weiterreichungen nicht unterstützen, sie bieten wenig Unterstützung für die QoS (Servicequalität). Um außerdem das Problem des Dreieck-Routings zu lösen, nimmt MIPv6 die Einführung von Zieloptionen und die Tatsache, dass mobile Hosts (MHs) Korrespondenz-Hosts (CHs) mit Standortinformation aktualisieren können. Das Senden bindender Aktualisierungen (binding updates – BUs) an CHs hat den Vorteil eines optimalen Routings, aber führt eine erhöhte Zeichengabe bzw. Signalisierung im Zusammenhang mit Mobilität in das Netzwerk ein. Somit besteht eine Austauschbeziehung zwischen dem Routing und der Signalisierung bindender Aktualisierungen.

[0005] In der Literatur ist viel Arbeit ausgeführt worden, um sich einiger der oben angeführten Probleme anzunehmen. Diese Arbeiten versuchen denselben allgemeinen Mechanismus zu verwenden, um die Probleme von Weiterreichungs- bzw. Kanalwechsel-Latenzzeit, Störsignalisierung im Internet-Weitverkehrsnetz anzugehen und Maßnahmen für eine Umsetzung der QoS zu ergreifen. Diese allgemeine Idee besteht in einem Mikromobilitätsmanagement oder landesangepassten bzw. lokalisierten Mobilitätsmanagement (LMM), d. h. das Managen von Mobilität in einem örtlichen Bereich. Auf diese Weise ist die Signalisierung im Zusammenhang mit der Mobilität für einen gegebenen MH auf den örtlichen Bereich beschränkt, in dem sich der MH augenblicklich bewegt, wodurch die Frequenz, mit der die Signalisierungsinformation das Internet durchquert, gesenkt wird. Auch mit einem reduzierten Signalisierungsabstand wird die Latenzzeit aufgrund von Vorgängen im Zusammenhang mit einem Weiterreichen reduziert und das Weiterreichen ist dann schneller. Wiederum ist es einfacher, eine Netzwerkressourcenreservierung im Zusammenhang mit QoS umzusetzen, zumindest bis zum örtlichen Mobilitätsbereich.

[0006] Das allgemeine Mobilitätsproblem kann als Adressier- und Routingproblem betrachtet werden. Dies liegt daran, dass in dem traditionellen IP-Netzwerk das Paket-Routing von der Adresse abhängt. Eine Host-IP-Adresse besteht aus zwei Teilen: dem Netzwerk-Identifizierungsteil und dem Host-Identifizierungsteil. Ein für einen Internet-Host bestimmtes Paket wird an das Netzwerk, mit dem der Host verbunden ist, und weiter an den Host geleitet, wobei auf „Internetworking with TCP/IP“, Prentice-Hall International, Inc. 1995, S. 113–115, von D.E. Comer Bezug genommen wird. Aber im festen Internet sind alle Hosts stationär und werden daher immer in ihren Heimat-Netzwerken gefunden. Wenn sich ein Host von seinem Heimat-Netzwerk entfernt, ist es unmöglich, ihm ohne zusätzliche Vorgänge im Zusammenhang mit der Mobilität Pakete zuzuleiten, daher die Notwendigkeit eines Mobilitätsmanagements. Die IP-Adresse ist auch ein Identifizierer mit doppeltem Zweck: Sie dient sowohl als Endgerät-Identifizierer als auch als Standort-Identifizierer, des Weiteren nehmen höhere Schichten im Protokoll dieses Format wahr und verwenden es in ihren Verarbeitungsvorgängen. Dies ist eine sehr optimale Verwendung der Adresse, funktioniert aber nicht gut bei mobilen Hosts.

[0007] Als Ergebnis hat die wissenschaftliche Gemeinschaft die allgemeine Idee übernommen, einem mobilen Endgerät zwei Identifizierer zuzuordnen: einen als Endgerät-Identifizierer, der durch Protokolle höherer Schichten zu erkennen ist, und den anderen als Standort-Identifizierer, der nur zum Routing eingesetzt wird, wobei auf „An Efficient Location and Routing Scheme for Mobile Computing Environment“, IEEE/ACM Trans. in Networking, Bd. 13, S. 868–879, Juni 1995, von G. Cho und L.F. Marshall Bezug genommen wird. Diese Lösung erlaubt es einem MH, selbst dann verbunden zu bleiben, wenn er sich von seinem Heimat-Netzwerk entfernt, aber das Management ist umständlich und die Mobilität nicht nahtlos. Beispielsweise führt der Artikel „IP Mobility Support“, IETF RFC 2002, Okt. 1996, von C. Perkins die Idee von Mobilitätsmanagement-Einheiten in Form eines Heimat-Agenten (HA) und eines Fremd-Agenten (FA) als Hilfe beim Managen von Standortinformation und Paket-Routing für den MH ein und verwendet die Heimat-Adresse und Zu-Händen-Adresse (care-of-address – COA) als Endgerät-Identifizierer bzw. Standort-Identifizierer. Wenn sich daher ein MH in ein fremdes Netzwerk bewegt, muss er, um die Anschließbarkeit aufrechtzuerhalten, im neuen Netzwerk eine COA erwerben und sich bei einem FA registrieren, der für ihn Mobilitätsfragen managt, während er sich in diesem Netzwerk bewegt. Er registriert sich auch bei seinem HA und teilt ihm die COA mit, so dass der HA Pakete, die für ihn in seinem Heimat-Netzwerk eintreffen, an die COA umleitet. Auf diese Weise ist die Mobilität für Korrespondenz-Knoten und Protokolle höherer Schichten transparent. Diese Lösung ist gut, da die Signalisierung im Zusammenhang mit der Mobilität niedrig ist und höhere Protokolle nicht modifiziert werden müssen, aber die Routing-Kosten sind hoch und nicht optimal, insbesondere, wenn der MH weit von der Heimat weg ist und mit einem Host in demselben Unternetz wie er kommuniziert. In diesem Szenario werden alle Pakete zuerst an das Heimat-Netzwerk des MH gesendet, nur um zurück zum Unternetz getunnelt zu werden, bevor der MH sie erhalten kann. Wenn sich der MH mitten in einem Vorgang (Weiterreichen) in ein fremdes Netzwerk bewegt, ist die Zeit, die zum Ermitteln und Kommunizieren von Standortinformation an den HA für eine korrekte Umleitung des Verkehrsflusses notwendig ist, die im Allgemeinen Weiterreichungs-Latenzzeit genannt wird, wiederum unvermeidlich so hoch, dass es eine definitive Unterbrechung der Kommunikation gibt, wodurch die vom Benutzer wahrgenommene Servicequalität gesenkt wird.

[0008] Es besteht nun ein großes Interesse in der Netzwerk-Gemeinschaft, im Internet Servicequalität (QoS) einzuführen, aber wenn das im IPv4 und dem Mobile IPv6 definierte IETF Mobile IP (MIP) verwendet wird, wird es für MHs schwierig sein, von solchen Diensten zu profitieren. Dies liegt daran, dass häufige Änderungen von COAs die Reservierung von Netzwerkressourcen erschweren. Die Verwendung von zwei Identifizierern für einen einzigen MH führt zu einer Adressenerschöpfung in den IPv4-Systemen. Auch wird die Signalisierung im Zusammenhang mit Mobilität aus seinem Vorgangsverfahren, beträchtlich zunehmen, wenn viele Endgeräte mobil werden, wie es sehr wahrscheinlich der Fall sein wird, so dass es einen großen Teil des Internet-Verkehrs bilden wird, und diese Lösung unterstützt die Skalierbarkeit nicht.

[0009] MIPv6 ist im Grund genommen ähnlich wie MIP, aber die hohen Kosten des Routings werden mittels mehr Standortinformations-Verteilung reduziert. Hier können CHs auch mit MH-Standortinformation aktualisiert werden, so dass ein CH einen Bindende-Aktualisierungs (BU)-Cache für alle MHs hat, mit denen er kommuniziert, und kann daher Pakete direkt zu ihnen leiten. Nur wenn ein CH keinen BU-Cache für einen gegebenen MH hat, leitet er die Pakete durch den HA. Diese Funktionalität wird durch die neu definierten Zieloptionen im IPv6 unterstützt. Auch das Problem der Adressenerschöpfung wird im MIPv6 gelöst. Zwar löst MIPv6 das Problem des nicht optimalen Routings, führt aber hohe Signalisierungskosten pro MH ein. Es sei eine Situation betrachtet, in der ein MH viele CHs aufweist, dann muss er für jede Unternetzänderung Standortaktualisierungssignale an sie alle plus seinen HA senden. Es sei auch eine Situation betrachtet, in der viele solcher MHs in einem Netzwerk vorhanden sind, dieses Protokoll schränkt sicherlich das Wachsen des Systems ein.

[0010] Auch der Mikromobilitätsansatz ist verwendet worden, es gibt in diesem Bereich zwei Hauptklassen

des Vorgehens: die hierarchische MIP-Variante und die Routing-Variante auf Hierarchie-Host-Basis (HBR-Variante). Diese zwei Klassen bemühen sich gemeinsam, den Signalpfad zu verkürzen, wenn sich ein MH weit von der Heimat weg bewegt, aber unterscheiden sich in ihrem Verfahren des Adress-Managements und Routings. So sind etwa in IPv4-Systemen Beispiele von hierarchischen HBR-Mikromobilitäts-Protokollen in „IP Micro-mobility support using HAWAII“, Internet-Entwurf, draft-ietf-mobileip-hawaii-00.txt, Juni 1999, von R. Ramjee et al., und „Design, Implementation, and Evaluation of Cellular IP“, IEEE, Pers. Comm., Aug. 2000, S. 42–49, von A. T. Campbell et al., dargelegt. Die Standortinformation wird in Caches auf Host-Basis in ausgewählten Knoten innerhalb einer Domäne platziert. Aufwärts-Pakete werden abschnittsweise zum Gateway geleitet und Abwärts-Pakete werden entsprechend Host-spezifischen Caches geleitet, es gibt kein Tunneln innerhalb der Heimat-Domäne. Ein MH hält nur eine IP-Adresse aufrecht, während er in einer Domäne ist. Das Weiterreichen wird lokal gemanagt und der Punkt des Verkehrs-Umleitens ist der Übergangsknoten zwischen den beiden Basisstationen, die an einem Weiterreichen beteiligt sind. Diese Klasse von Schemata erreicht einen schnelleren Weiterreichungsvorgang. Der Mangel einer häufigen Adressenänderung innerhalb einer Domäne könnte bei der QoS-Umsetzung helfen. Aber diese Schemata weisen zwei große Mängel auf: das Intra-Domäne-Routing ist nicht optimal, da alle Pakete von innerhalb der Domäne zum Gateway befördert werden, einschließlich Paketen, die für Hosts in derselben Domäne bestimmt sind. Dann werden Pakete, die für Hosts in der Domäne bestimmt sind, wieder zurückgeleitet. Wieder ist es nicht skalierbar, weil die Idee eines host-spezifischen Route-Cache sehr viel Speicher verbraucht und das Wachsen des Systems mit der Zunahme der MHs einschränkt, dies verschlechtert sich noch beim IPv6 mit 128-Bit-Hostadressen.

[0011] Die Klasse der hierarchischen MIP-Variante verwendet die allgemeine Idee des grundlegenden MIP oder MIPv6 in einer lokalisierten Weise. Innerhalb einer Domäne benötigt ein MH ein Minimum von zwei COAs, von denen die eine eine global routing-fähige Adresse sein muss, gewöhnlich die Adresse des Gateway-Knotens (tatsächlich hängt die Anzahl von COAs von der Anzahl der verwendeten Hierarchieebenen ab). Während sich ein MH innerhalb einer Domäne bewegt, muss er sich nicht bei seinem HA registrieren, aber während er sich innerhalb von Unternetzen einer Domäne bewegt, muss er neue COAs erwerben und das Gateway mit dieser Information aktualisieren. Das Gateway empfängt für den MH bestimmte Pakete und tunnelt sie zu dem bestimmten Unternetz, in dem sich der MH befindet. Diese Typen von Schemata reduzieren die in das Internet-Weitverkehrsnetz injizierte Signalisierungslast und reduzieren auch die Weiterreichungs-Latenzzeit in Abhängigkeit von der Größe der Domäne mehr als das grundlegende MIPv6. Es benutzt traditionelles IP-Routing (das die Skalierbarkeit unterstützt) in der Domäne durch das Einkapseln und Entkapseln von Paketen. Aber das Einkapseln und Entkapseln von Paketen führt eine Verarbeitung der Latenzzeit ein, schwerwiegender werden aufgrund eines Einkapselns die QoS-spezifische Behandlung von Paketen, die in den ursprünglichen Paketkopf platziert sind, nicht gesehen und von Zwischenknoten gehandhabt. Auch wird die Ressourcenreservierung durch häufige COA-Änderung in einer gegebenen Domäne erschwert. Beispiele für diese Klasse sind in „Mobile IP Regional Registration“, Internet-Entwurf, draft-ietf-mobileip-reg-tunnel-02.txt, März 2000, von E. Gustafsson, A. Johnson und C. Perkins und „TeleMIP: Telecommunications-enhanced Mobile IP Architecture for Fast Intra-Domain Mobility“, IEEE Pers. Comm., Aug. 2000, S. 50–58, von S. Das et al. dargelegt.

[0012] Einige Vorschläge für Mikromobilität auf IPv6-Basis, die in „Mobile IP Regional Registration“, Internet-Entwurf, draft-ietf-mobileip-regtunnel-02.txt, März 2000, von E. Gustafsson, A. Johnson und C. Perkins, „TeleMIP: Telecommunications-enhanced Mobile IP Architecture for Fast Intra-Domain Mobility“, IEEE Pers. Comm., Aug. 2000, S. 50–58, von S. Das et al. und „A Hierarchical Mobile IPv6 Proposal“, Technical Report Nr. 0226, INRIA, November 1998, von C. Castelluccia dargelegt sind, verwenden ebenfalls die Idee einer Hierarchie. Aber anders als IPv4-Systeme ist das Routing relativ optimal, weil CHs Bindende-Aktualisierungs-Caches aufrechterhalten können. Aber CHs außerhalb einer Domäne leiten Pakete zum Gateway hinauf (mit der global routing-fähigen COA). Diese Pakete werden unter Verwendung der physischen COA zu dem jeweiligen MH getunnelt, während der CH innerhalb der Domäne Pakete direkt zum MH leiten kann. Wieder erwirbt der MH immer eine neue COA, während er sich in der Domäne bewegt, und aktualisiert das Gateway und die CHs damit. Abgesehen von dem relativ verbesserten Routing-Schema hat diese Klasse von Schemata dieselben Probleme wie vorstehend aufgezählt. Weiterhin wird das Dreieck-Routing-Problem zum Gateway der Domänen in allen Schemata verlagert.

[0013] Alle diese Bemühungen sind die richtigen Schritte in die richtige Richtung, aber bei dem Versuch, ein Problem zu lösen, entsteht ein neues. Beispielsweise hat die Idee eines lokalisierten Mobilitätsmanagement das Problem des Dreieck-Routings zum lokalen Bereich verlagert. Dies liegt daran, weil alle in den lokalen Bereich gehenden Pakete durch ein Gateway in den Bereich hindurchgehen müssen, und das Gateway tunnelt wiederum die Pakete zu dem entsprechenden MH. Auch werden bei dem Bemühen, die Weiterreichungs-Latenzzeit zu reduzieren oder zu beseitigen, verschiedene Komplexitätsniveaus in das Netzwerk eingeführt, die eine Umsetzung und Skalierbarkeit schwierig machen können.

[0014] Die Erfinder sind der Ansicht, dass der Grund für diese Komplikation auf einer etwas falsch gesetzten Management-Ausrichtung beruht, nämlich dem Managen mobiler Kommunikationen in einem Netzwerk, das grundsätzlich für feste Kommunikationen ausgelegt ist. Da sich die Kommunikation in einer mobilen Umgebung von Kommunikationen in einer festen Umgebung aufgrund ihrer besonderen Eigenschaften unterscheidet, wird das Managen der Mobilität in einem Netzwerk, das für feste Kommunikation ausgelegt ist, natürlich umständlich sein, daher die aktuellen Probleme mit der Mobilität im Internet. Dazu wird angeführt, dass der Entwurf eines mobilen Netzwerks auf der Basis eines anderen Paradigmas das Ideale wäre. Dieses mobilitäts-spezifische Netzwerk wird Teil des globalen Internets sein. Des Weiteren ist das Internet traditionell ein Netzwerk von Netzwerken; das mobilitätsspezifische Netzwerk wird eines dieser Netzwerke bilden, mit einem Gateway, das es mit dem globalen Internet verbindet.

[0015] WO 01/69948 A1 offenbart ein Kommunikationssystem und -verfahren mit einer Mehrfachbaumhierarchie. Ein Satz von Standortregistrationsknoten ist dazu ausgelegt, eine mobile Registrierung vor Ort zu handhaben. Diese Knoten umfassen LR-Tabellen mit Zeiger-Information. Der Zeiger ist eine IP-Adresse eines anderen Knotens, an die der gegenwärtige Knoten abgehende Pakete für einen mobilen Benutzer weiterleitet.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0016] Daher ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein hierarchisches, mobiles Paketkommunikationsnetzwerk bereitzustellen, das eine neuartige Mobilitätsmanagementarchitektur ausnutzt, d. h. eine vollständig hierarchische Architektur, die die Skalierbarkeitseigenschaften, eine modifizierte Form des Präfix-Routings von IP, die für eine mobile Umgebung ausgelegt ist, wie in Anspruch 1 definiert, besitzt.

[0017] Es ist eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Kommunikationsverfahren in dem hierarchischen, mobilen Paketkommunikationsnetzwerk, wie in Anspruch 10 definiert, bereitzustellen.

[0018] Das hierarchische, mobile Paketkommunikationsnetzwerk, wie vorstehend beschrieben, weiterhin dadurch gekennzeichnet, dass: der Netzwerkknoten in einer oberen Schicht ein Gateway ist.

[0019] Das hierarchische, mobile Paketkommunikationsnetzwerk, wie vorstehend beschrieben, weiterhin dadurch gekennzeichnet, dass: der Netzwerkknoten in einer mittleren Schicht ein Unterdomänen-Router ist.

[0020] Das hierarchische, mobile Paketkommunikationsnetzwerk, wie vorstehend beschrieben, weiterhin dadurch gekennzeichnet, dass: der Netzwerkknoten in einer unteren Schicht ein Zugangsrouter ist.

[0021] Das hierarchische, mobile Paketkommunikationsnetzwerk, wie vorstehend beschrieben, weiterhin dadurch gekennzeichnet, dass: der Netzwerkknoten in einer unteren Schicht eine Basisstation ist.

[0022] Das hierarchische, mobile Paketkommunikationsnetzwerk, wie vorstehend beschrieben, weiterhin dadurch gekennzeichnet, dass: die global routing-fähige Adresse die IPv6-Adresse ist.

[0023] Das hierarchische, mobile Paketkommunikationsnetzwerk, wie vorstehend beschrieben, weiterhin dadurch gekennzeichnet, dass: eine Gruppe der höchstwertigen Bits (MSB) im SLA-ID-Teil der IPv6-Adresse als Präfix des Netzwerkknotens in der oberen Schicht verwendet wird.

[0024] Das hierarchische, mobile Paketkommunikationsnetzwerk, wie vorstehend beschrieben, weiterhin dadurch gekennzeichnet, dass: eine nächste Gruppe von höchstwertigen Bits (MSB) im SLA-ID-Teil der IPv6-Adresse als Präfix der Netzwerkknoten in der mittleren Schicht verwendet wird.

[0025] Das hierarchische, mobile Paketkommunikationsnetzwerk, wie vorstehend beschrieben, weiterhin dadurch gekennzeichnet, dass: die MH-Statustabelle aus einer Statustabelle für zugehörige MHs besteht, die den Status der zugehörigen mobilen Endgeräte aufzeichnet, und einer Besuchs-MH-Statustabelle, die den Status der besuchenden mobilen Endgeräte aufzeichnet.

[0026] Das Verfahren zur Kommunikation in einem hierarchischen, mobilen Paketkommunikationsnetzwerk gemäß der vorliegenden Erfindung, in dem das hierarchische, mobile Paketkommunikationsnetzwerk mehrere Netzwerkknoten, die in hierarchischer Architektur konfiguriert sind, und mehrere mobile Endgeräte aufweist; der Netzwerkknoten in der oberen Schicht nach oben mit dem Internet und nach unten mit den Netzwerkknoten in der mittleren Schicht verbunden ist; die Netzwerkknoten in der mittleren Schicht nach oben mit einem Netzwerkknoten in der oberen Schicht oder einem anderen Netzwerkknoten in der höheren mittleren Schicht und

nach unten mit den Netzwerkknoten in der unteren Schicht oder den Netzwerkknoten in der unteren mittleren Schicht verbunden sind; die Netzwerkknoten in der unteren Schicht nach oben mit dem Netzwerkknoten in der mittleren Schicht und drahtlos nach unten mit den mobilen Endgeräten verbunden sind; dadurch gekennzeichnet, dass: jedem Netzwerkknoten ein Block von global routing-fähigen Adressen zugeordnet ist, die das gleiche Präfix haben und die das Präfix ihrer Eltern-Netzwerkknoten annehmen; jedes mobile Endgerät eine eindeutige Adresse hat, die aus den Präfixen der Netzwerkknoten besteht, zu denen es gehört, und der Schnittstellenkennung, die sich nicht ändert, wenn sich das mobile Endgerät in einem Unternetz, zu dem es nicht gehört, bewegt; jeder Netzwerkknoten eine MH-Statustabelle führt, die den Status der zugehörigen mobilen Endgeräte und den Status der besuchenden mobilen Endgeräte, die sich im Unternetz der Netzwerkknoten bewegen, aufzeichnet; das mobile Endgerät ein Beacon-Signal verwendet, das vom Netzwerkknoten in der unteren Schicht ausgesendet wurde, um zu bestimmen, ob es sich im Heimat-Unternetz befindet oder ob es sich in einem fremden Unternetz bewegt; das sich in einem fremden Unternetz bewegendes mobile Endgerät eine Registriernachricht an den entsprechenden fremden Netzwerkknoten sendet und die Netzwerkknoten im hierarchischen Routing-Pfad vom entsprechenden fremden Netzwerkknoten zum Heimat-Netzwerkknoten, zu dem das mobile Endgerät gehört, die Information über das Bewegen hinzufügen; der Netzwerkknoten das vom Endgerät empfangene Paket in seinem Unternetz an das Zielendgerät überträgt, wenn die MH-Statustabelle angibt, dass das Zielendgerät in seinem Unternetz aktiv ist, oder das Paket an seinen aufwärtigen Netzwerkknoten weiterleitet; das weitergeleitete Paket über den hierarchischen Routing-Pfad an das Zielendgerät übertragen wird.

[0027] Das Kommunikationsverfahren in einem hierarchischen mobilen Paketkommunikationsnetzwerk, wie vorstehend beschrieben, weiterhin dadurch gekennzeichnet, dass: die global routing-fähige Adresse die IPv6-Adresse ist.

[0028] Das Kommunikationsverfahren in einem hierarchischen mobilen Paketkommunikationsnetzwerk, wie vorstehend beschrieben, weiterhin dadurch gekennzeichnet, dass: eine Gruppe der höchstwertigen Bits (MSB) im SLA-ID-Teil der IPv6-Adresse als Präfix des Netzwerkknotens in der oberen Schicht verwendet wird.

[0029] Das Kommunikationsverfahren in einem hierarchischen mobilen Paketkommunikationsnetzwerk, wie vorstehend beschrieben, weiterhin dadurch gekennzeichnet, dass: eine nächste Gruppe von höchstwertigen Bits (MSB) im SLA-ID-Teil der IPv6-Adresse als Präfix des Netzwerkknotens in der mittleren Schicht verwendet wird.

[0030] Das Kommunikationsverfahren in einem hierarchischen mobilen Paketkommunikationsnetzwerk, wie vorstehend beschrieben, weiterhin dadurch gekennzeichnet, dass: die MH-Statustabelle aus einer Statustabelle für zugehörige MHs besteht, die den Status der zugehörigen mobilen Endgeräte aufzeichnet, und einer Besuchs-MH-Statustabelle, die den Status der besuchenden mobilen Endgeräte aufzeichnet.

[0031] Das hierarchische, mobile Paketkommunikationsnetzwerk gemäß der vorliegenden Erfindung ist ein IPv6-Zugriffsnetzwerk auf Domäne-Basis, das auf einer mobilen Ebene entworfen, aber für Internet-Eigenschaften ausgelegt ist. Dadurch basiert das Routing auf dem Präfix und in einer Heimat-Domäne des Netzwerks besteht keine Notwendigkeit für Zu-Händen-Adressen oder Bindende-Aktualisierungs-Signalisierung, während sich MHs in ihren Heimat-Domänen bewegen. Dies ist ein guter Leistungspunkt, da es sowohl bei Anrufweiterleitung als auch bei Benutzerbewegung eine gewisse lokalisierte Beschaffenheit gibt. Das heißt, in der realen Welt bewegt sich der Benutzer mit hoher Wahrscheinlichkeit gewöhnlich in derselben oder den nahe gelegenen Domänen. Dasselbe Phänomen kann bei einer Anrufweiterleitung beobachtet werden. Eine große Anzahl von Anrufen sind Ortsgespräche. Schätzungsgemäß beträgt diese Wahrscheinlichkeit etwa 70%. Diese lokalisierte Beschaffenheit des mobilen Benutzerverhaltens ist ein sehr schönes Merkmal, das sich die vorliegende Erfindung zunutze gemacht hat. Es impliziert, dass 70% des Zeit-Routings im hierarchischen, mobilen Paketkommunikationsnetzwerk gemäß der vorliegenden Erfindung optimal ist, ohne die Last einer Einkapselung und Entkapselung, und ohne Zieloptionen im Zusammenhang mit der Mobilität. Auch sind Behandlungen im Zusammenhang mit der QoS, die in den einzelnen Paketen eingebettet sind, nicht durch die Einkapselung verborgen. Auch werden keine BUs gesendet oder verarbeitet, was bei Bandbreite, Verarbeitungszeit und Speicherplatz für gute Einsparungen sorgt.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0032] Die vorstehenden Ziele und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden durch eine detaillierte Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform davon unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen besser ersichtlich, worin:

[0033] [Fig. 1](#) ein schematisches Diagramm einer Ausführungsform des hierarchischen, mobilen Paketkommunikationsnetzwerks gemäß der vorliegenden Erfindung ist;

[0034] [Fig. 2](#) ein schematisches Diagramm ist, das die Verteilung der Adresse in dem hierarchischen, mobilen Paketkommunikationsnetzwerk gemäß der vorliegenden Erfindung auf IPv6-Basis ist;

[0035] [Fig. 3](#) ein schematisches Diagramm einer Ausführungsform des hierarchischen, mobilen Paketkommunikationsnetzwerks gemäß der vorliegenden Erfindung mit der detaillierten hierarchischen oder Präfix-Adressen-Verteilung ist;

[0036] [Fig. 4](#) ein Beispiel für die MH-Statustabelle zeigt, die im Netzwerkknoten des hierarchischen, mobilen Paketkommunikationsnetzwerks gemäß der vorliegenden Erfindung gespeichert ist, (a) ist eine Statustabelle für zugehörige MHs und (b) ist eine Statustabelle für besuchende MHs;

[0037] [Fig. 5](#) ein weiteres schematisches Diagramm einer Ausführungsform des hierarchischen, mobilen Paketkommunikationsnetzwerks gemäß der vorliegenden Erfindung mit der hierarchischen oder Präfix-Adressen-Verteilung ist;

[0038] [Fig. 6](#) den hierarchischen Paketrouting-Vorgang in dem hierarchischen, mobilen Paketkommunikationsnetzwerk gemäß der vorliegenden Erfindung veranschaulicht;

[0039] [Fig. 7](#) ein Flussdiagramm des Paketrouting-Vorgangs in dem hierarchischen, mobilen Paketkommunikationsnetzwerk gemäß der vorliegenden Erfindung ist.

BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0040] [Fig. 1](#) zeigt eine bevorzugte Ausführungsform des hierarchischen, mobilen Paketkommunikationsnetzwerks gemäß der vorliegenden Erfindung, das ein hierarchisches mobiles Netzwerk auf IPv6-Basis ist. Dieses Netzwerk ist ein IPv6-Zugriffsnetzwerk auf Domäne-Basis, das auf einer mobilen Ebene entworfen ist, aber das an Internet-Eigenschaften, wie etwa skalierbares Routing, angepasst ist und Mobilität sowohl im Kern als auch an den Rändern handhabt.

[0041] In der Architektur sind drei Schichten oder Ebenen, und jede Schicht besteht aus einem oder mehreren Knoten. Die Netzwerkknoten sind in einer logischen Baumhierarchie angeordnet. Der Netzwerkknoten in der oberen Schicht, d. h. der Stammknoten, ist ein Gateway (**1**), das aufwärts mit dem Internet und abwärts mit den Netzwerkknoten in der mittleren Schicht verbunden ist. Die Netzwerkknoten in der mittleren Schicht, d. h. Zweigknoten, sind Unterdomänen-Router (**11**), die aufwärts mit dem Stammknoten und abwärts mit den Netzwerkknoten in der unteren Schicht oder Blattschicht verbunden sind. Die Netzwerkknoten in der unteren Schicht, d. h. Blattknoten, sind Zugriffsrouten (access routers – ARs) (**111**), die aufwärts mit den Zweigknoten und abwärts mit den mobilen Hosts, d. h. mobilen Endgeräten (**333**), verbunden sind.

[0042] Ein Gateway (**1**) entspricht jeweils einer Domäne, ein Unterdomänen-Router (**11**) entspricht jeweils einer Unterdomäne und ein Zugriffsrouten (**111**) entspricht jeweils einem Unternetz.

[0043] Es wird angenommen, dass jeder Domäne ein Block global routingfähiger IPv6-Adressen zugeordnet wird. Es wird das hierarchische Format dieser Adressen ausgenutzt. Es wird auch angenommen, dass beim Maskieren geeigneter Bit-Gruppen in den Adressfeldern Flexibilität vorhanden ist, um Präfixe für die verschiedenen Ebenen in dem hierarchischen, mobilen Paketkommunikationsnetzwerk gemäß der vorliegenden Erfindung zu erzeugen.

[0044] Das Beispielsnetzwerk zeigt drei Ebenen, aber auch dabei ist Flexibilität vorhanden, eine Domäne könnte eine beliebige Anzahl von Ebenen in Abhängigkeit von der Größe und den Wünschen des Administrators haben.

[0045] Die Router im Zugriffsnetzwerk werden konfiguriert, um ihre Positionen in der Hierarchie zu kennen, sie sollten auch die Ebenen-Präfixe in den MH-Adressen erkennen können. Jeder Knoten wird entsprechend seiner Position in der Hierarchie eine Routing-Tabelle führen.

[0046] [Fig. 2](#) zeigt den Aufbau der global routing-fähigen IPv6-Adresse und die Aufteilung des SLA-ID-Teils dieser Adresse, um die Adresse in dem hierarchischen, mobilen Paketkommunikationsnetzwerk gemäß der

vorliegenden Erfindung zu verteilen.

[0047] Unter Bezugnahme auf [Fig. 2](#) werden Knoten gemäß ihrer Position in der Netzwerkhierarchie nummeriert, beispielsweise könnte eine Gruppe höchstwertiger Bits (MSB) das Ebene-1-Präfix bilden (von oben her-unter) und eine nächste Gruppe von MSB bildet das Ebene-2-Präfix, und so weiter. Die letzte Ebene in der Hierarchie von Präfixen wird verwendet, um die Zugriffsrouten zu nummerieren, die die Blattknoten in der Domäne bilden. Der Block der geringstwertigen Bits (LSB) besteht aus Adressen für MHs in dem Versorgungsbereich eines gegebenen AR. Daher kann man, wenn man irgendeine MH-Adresse ansieht, sagen, zu welcher Domäne er gehört und zu welcher Unterdomäne er in dieser Domäne gehört, und dann zu welcher Zelle er in dieser Unterdomäne gehört. Diese Nummerierungsarchitektur reduziert stark das Routing über Kopf, während sich ein MH bewegt.

[0048] Jeder MH hat eine permanente IPv6 Adresse, die von der Domäne abhängt. Sie besteht aus einer Hierarchie von Präfixen bis hinab zum niedrigsten Präfix, das das Unternetz-Präfix (der AR) ist, und der Schnittstellenkennung, die jeden MH und Knotenschnittstellen identifiziert. Domäne-Administratoren steht es frei, die Anzahl von Bits zum Maskieren beim Definieren der Ebenen-Präfixe zu bestimmen. Aber die höchste Präfix-Ebene definiert die Domäne. Router müssen programmiert werden, um ihre Ebene zu kennen und das Ebenen-Präfix in heißen Adressen zu erkennen. In der Tat kann das 16-Bit-Feld, das den Standortebenenaggregator in der IPv6-Adresse definiert, leicht manipuliert werden, um diese Hierarchie von Unternetzen zu erzeugen (einige der 64 Bits des Host-Identifizierers können auch maskiert werden, um dies zu erreichen). Beispielsweise ergibt das Maskieren der ersten 4 Bits im SLS-ID-Feld 16 Domänen. Jede Domäne kann durch Maskieren der nächsten 5 Bits noch in 32 Unterdomänen unterteilt werden, jede Unterdomäne kann weiterhin in 128 Unternetze unterteilt werden und jedes Unternetz kann $1,8 \times 10^{19}$ Hosts aufnehmen. Dies ist offensichtlich sehr skalierbar.

[0049] Jeder AR führt einen Datensatz für alle kommunizierenden MHs in seinem Versorgungsbereich. Um Speicherplatz und Verarbeitungszeit zu sparen, hat ein MH, der abgeschaltet ist, keinen Datensatz im System. Ein MH kann sich in einem von vier verschiedenen Zuständen befinden: (i) AKTIV (ii) RUHE (iii) FORT (iv) AUS. Aber die Datensatz eines MHs hat drei Felder: (i) AKTIV (ii) RUHE (iii) FORT. Wenn ein MH von der Heimat fort ist, aktiviert der Heimat-AR das FORT-Feld in seinem Datensatz. Wenn ein MH eine Zeitlang keine Pakete aussendet oder empfängt (diese Zeit sollte in Bezug auf die Paket-Zwischenankunftszeit optimiert werden), geht er in einen Passiv-Modus (RUHE-Zustand), um Batterieleistung zu sparen. Wenn dies geschieht, sendet er ein Paket aus, um dem AR diesen Zustand mitzuteilen. Der AR wiederum aktiviert das RUHE-Feld in dem Datensatz des MH und leitet diese Information an den Unterdomänen-Knoten weiter. Der Unterdomänen-Knoten trägt den MH in seine Funkrufliste ein. Wenn ein MH ausgeschaltet wird, überträgt der Abschaltvorgang gleichzeitig ein GUTE-NACHT-Paket an den AR. Der AR wiederum löscht seinen Datensatz aus dem System.

[0050] [Fig. 4](#) zeigt ein Beispiel der MH-Statustabelle, die im Netzwerknoten des hierarchischen, mobilen Paketkommunikationsnetzwerks gemäß der vorliegenden Erfindung gespeichert ist. Diese MH-Statustabelle kann aus einer Statustabelle für zugehörige MHs bestehen, die den Status der zugehörigen mobilen Endgeräte aufzeichnet, und einer Besuchs-MH-Statustabelle, die den Status der besuchenden mobilen Endgeräte aufzeichnet. Die Statustabelle für zugehörige MHs ist in [Fig. 4\(a\)](#) gezeigt, und die Besuchs-MH-Statustabelle ist in [Fig. 4\(b\)](#) gezeigt.

[0051] Wenn ein MH eingeschaltet wird, hört und ermittelt er den AR-Beacon. Das Beacon-Signal enthält das AR-Präfix und Parameter (zum Beispiel die verfügbare Bandbreite). Der MH verwendet diese Information, um zu bestimmen, ob er zu Hause ist oder sich in einem fremden Unternetz bewegt. Dann sendet er ein GUTEN-MORGEN-Paket an den AR (jedes Mal, wenn er aufwacht, ist es sein Morgen). Der AR legt einen Datensatz für ihn an und aktiviert das AKTIV-Feld des Datensatzes. Wenn ein MH sich in einer anderen Zelle als seiner Heimat-Zelle einschaltet, registriert der jeweilige AR bei Erfassen der Präfix-Fehlpassung in dem GUTEN-MORGEN-Paket den MH in seiner Besuchs-MH-Liste und leitet dann das Paket an seinen Eltern-Knoten weiter. Dieses Paket erreicht schließlich den Heimat-AR, der einen Datensatz für den MH anlegt und das FORT-Feld aktiviert. Auch wenn sich der MH in einer fremden Zelle ausschaltet, wird das GUTE-NACHT-Paket, an den Heimat-AR weitergeleitet, so dass unterwegs alle Datensätze für diesen MH aus dem System gelöscht werden. Aber wenn ein MH in einer fremden Zelle in den Ruhezustand geht, muss das RUHE-Paket nicht über den Unterdomänen-Knoten hinaus weitergeleitet werden.

[0052] Das Mobilitätsmanagement in dem hierarchischen, mobilen Paketkommunikationsnetzwerk gemäß der vorliegenden Erfindung wird nachstehend detailliert beschrieben.

1. Bewegung in einer Heimat-Domäne

1.1 Unterdomänen-Bewegung

[0053] Wenn sich ein MH zu Hause befindet, sendet und empfängt er Pakete innerhalb und von außerhalb der Domäne auf die traditionelle Internet-Weise, genauso wie ein fester Host. Wenn sich ein MH zu einem anderen Unternetz innerhalb seiner Unterdomäne bewegt, braucht er keine COA zu erwerben. Er muss nur seinem Heimat-Zugriffsrouter (AR) mitteilen, dass er nicht zu Hause ist (die HA-Funktionalität kann in dem AR umgesetzt werden, so dass diese Begriffe austauschbar verwendet werden). Der Heimat-AR führt zwei Listen: (i) die Liste der zugehörigen MHs und (ii) die Liste der besuchenden MHs. Während der MH sich innerhalb der Heimat-Domäne befindet, muss der HA nicht genau wissen, wo er sich befindet, d. h. es genügt zu wissen, dass er fort ist. Der besuchte AR überprüft den AR-Präfixteil der Adresse des besuchenden MHs und wenn er sieht, dass es ein besuchender MH ist (d. h. er erfasst die Präfix-Fehlpassung), trägt er ihn in seine Besuchs-MH-Liste ein. Dann sendet er die Adresse (Registrierungsinformation) an seinen Eltern-Knoten in der Hierarchie (den Unterdomänen-Router), dieser Knoten prüft wiederum, um zu sehen, dass die Unterdomänen-Maske der Adresse des MHs mit seiner eigenen übereinstimmt. Dann nimmt er einen Eintrag für den MH vor, der seine Adresse auf der Schnittstelle abbildet, von der er empfangen wurde (aufgrund der Präfix-Idee kann ein einzelner Eintrag alle MHs darstellen, die von einer gegebenen Zelle zu Besuch kommen). Jeder Knoten in der Domäne führt einen Cache-Eintrag für sich bewegendes Hosts in seinem Versorgungsbereich. Somit wird die Mobilität innerhalb einer gegebenen Unterdomäne in jener Unterdomäne gesteuert und ist für andere Knoten in der Domäne transparent. Die Signalisierung im Zusammenhang mit der Mobilität geht nicht über die Unterdomäne hinaus.

1.2 Bewegung zwischen Unterdomänen

[0054] Ein MH kann sich auch von seiner Heimat-Unterdomäne zu einer anderen Unterdomäne bewegen. In diesem Fall wird die Registrierungsinformation über den Unterdomäne-Knoten hinaus weitergeleitet. Wenn der Unterdomäne-Knoten die Präfix-Information in der MH-Adresse untersucht und eine Präfix-Fehlpassung erfasst, dann weiß er, dass dieser MH nicht in seinen Versorgungsbereich gehört und muss daher die Registrierungsinformation an seinen Eltern-Knoten, in diesem Fall der Gateway-Knoten, senden. Aber zuerst wird er einen Eintrag für den MH in seinem Cache vornehmen und die MH-Adresse auf der Schnittstelle in Richtung des Unternetzes abbilden.

2. Paket-Routing in einer Heimat-Domäne

2.1 MH an MH

[0055] Wenn ein Paket von innerhalb der Domäne an einen sich bewegendes MH gesendet wird (MH an MH), stammt er natürlich von einem gegebenen AR in der Domäne. Der erzeugende AR überprüft die Zieladresse des Pakets, wenn das AR-Präfix nicht mit seinem eigenen übereinstimmt, er überprüft seine Besuchs-MH-Liste, wenn der MH zu Besuch in seiner Domäne ist, leitet er es zu seinem Eltern-Knoten (einem Unterdomänen-Knoten) weiter. Der Unterdomänen-Knoten überprüft das Unterdomänen-Präfix der Zieladresse, wenn es mit seinem eigenen übereinstimmt (d. h. das Paket wird an seine Domäne gesendet), überprüft er erst seinen Cache-Eintrag, um zu sehen, ob der MH sich bewegt oder im Passivmodus ist, wenn nicht, leitet er das Paket durch das Präfix zum Heimat-AR des MHs. Wenn er einen Cache-Eintrag für den MH findet, leitet er ihn zur Schnittstelle, auf der der MH abgebildet ist. Wenn das Paket zum Ziel-AR kommt, überprüft der AR das AR-Präfix der Zieladresse, wenn es nicht mit seinem eigenen übereinstimmt, überprüft er dann seine Besuchs-MH-Liste, um zu bestätigen, dass der MH in seiner Zelle wohnt, dann überträgt er das Paket durch die drahtlose Verbindung an den MH. Wenn das AR-Präfix mit seinem eigenen übereinstimmt, überprüft er zuerst seine Liste für zugehörige MHs, um zu bestätigen, dass der MH nicht von zu Hause fort ist, dann überträgt er das Paket durch die drahtlose Verbindung an den MH.

[0056] Wenn ein MH ein Paket an einen anderen MH in demselben Unternetz wie er sendet, sendet er dieses Paket an den AR. Der AR überprüft zuerst das AR-Präfix der Zieladresse, wenn es mit seinem eigenen übereinstimmt, überprüft er dann seine Liste zugehöriger MHs, wenn der MH zu Hause ist, sendet der AR ihm das Paket zu. Aber wenn der MH fort ist (d. h. das Fort-Feld in seiner Datensatz ist aktiviert), leitet der AR das Paket zu seinem Eltern-Knoten.

[0057] Es besteht keine Notwendigkeit einer Paketeinkapselung oder -entkapselung, keine Notwendigkeit, bindende Aktualisierungen an HA und Korrespondenz-Hosts zu senden. Es kann gesehen werden, dass Rou-

ting lokalisiert und optimal ist. Nur Zwischen-Unterdomäne-Pakete müssen durch den Gateway-Knoten hindurchgehen, also müssen nur Zwischen-AR-Pakete durch den Unterdomänen-Router hindurchgehen. Dies stellt einen Lastausgleich im Netzwerk sicher. Was noch wichtiger ist, spezielle Paketbehandlungen, wie etwa Behandlungen im Zusammenhang mit der QoS, die im Paketkopf angegeben sind, werden nicht hinter Einkapselungen verborgen. Auch gibt es keine Einkapselungs-Entkapselungs-Zusätze: „nackte“ Pakete werden immer innerhalb der Domänen des hierarchischen, mobilen Paketkommunikationsnetzwerks geleitet und innerhalb der Heimat-Domäne sind keine Optionen im Zusammenhang mit der Mobilität notwendig. [Fig. 6](#) veranschaulicht den hierarchischen Paket-Routing-Vorgang in dem hierarchischen, mobilen Paketkommunikationsnetzwerk gemäß der vorliegenden Erfindung.

2.2 Fester Host an MH/MH an festen Host

[0058] Wenn ein fester Host ein Paket an einen MH sendet, wird diese Paket durch den Ebene-1-Knoten (Gateway-Knoten) an das mobile Zugriffsnetzwerk in der Domäne gesendet und dann abschnittsweise (durch das Präfix) abwärts zum MH geleitet. Auch wenn ein MH ein Paket an einen festen Host sendet, wird es durch das Präfix aufwärts zum Gateway-Knoten der Domäne und dann in das feste Internet geleitet. Es wird keine Einkapselung benötigt.

3. Bewegung in einer fremden Domäne

[0059] Wenn ein MH eine fremde Domäne außerhalb des hierarchischen, mobilen Paketkommunikationsnetzwerks besucht, erwirbt er eine COA und registriert sich bei dem AR, in dessen Unternetz die COA erworben wurde. Dieser AR nimmt einen Cache-Eintrag für den MH vor, der seine Heimat-Adresse auf der COA abbildet; dann leitet er diese Registrierungsinformation an den Gateway-Knoten weiter. Dieser Prozess ist für diese Architektur natürlich, da die MH-Heimat-Adresse zu keinem Präfix in dieser Domäne passt. Daher werden alle Knoten entlang des Pfads zum Gateway-Knoten natürlicherweise eine Präfix-Fehlpassung erfassen und somit die Registrierungsinformation cachen und aufwärts zum Gateway-Knoten weiterleiten, der schließlich die MH-Heimat-Adresse mit dem entsprechenden Unterdomäne-Präfix cacht. Das Bestätigungspaket wird abwärts zum MH über den AR weitergeleitet. Bei Empfang der Bestätigung sendet der AR das Bestätigungspaket an den MH und sendet auch das Registrierungspaket an den Heimat-AR des MHs im Namen des MH (dies beschränkt die Nutzung der knappen drahtlosen Bandbreite).

[0060] Der Heimat-AR des MHs nimmt bei Empfang dieses Pakets einen Eintrag dafür vor, wobei er seine Heimat-Adresse auf der COA abbildet (der Heimat-AR muss den MH auf einer COA lediglich dann abbilden, wenn der MH eine fremde Domäne besucht). Der MH muss auch BU an seine Gruppe von CNs außerhalb der Domäne senden. Er braucht CNs innerhalb seiner aktuellen Domäne nicht zu aktualisieren, da das Routing innerhalb der Domäne auf Präfix-Basis erfolgt. Nach diesem anfänglichen Aktualisierungsvorgang muss der MH nicht irgendwelche BUs senden, während er sich in dieser Domäne bewegt, ausgenommen das regelmäßige BU-Auffrischungspaket. Der MH braucht nicht unbedingt mehr als eine COA, während er in einer fremden Domäne ist. Wenn er sich zu einem anderen Unternetz in der fremden Domäne bewegt, registriert er sich bei dem AR, der die COA auf seine Heimat-Adresse abbilden wird. Der MH, der sich in einer fremden Domäne bewegt, wird wie ein zugehöriger Host mit zwei Adressen erscheinen. Die COA wird dazu verwendet, Pakete zu ihm zu leiten, während die Heimat-Adresse dazu dient, ihn zu identifizieren.

4. Paket-Routing in einer fremden Domäne

[0061] Wenn ein Paket für einen MH aus einer fremden Domäne stammt, in der er sich bewegt, wird das Paket normalerweise aufwärts durch jeden Knoten geleitet, der seinen Präfix-Teil der Adresse überprüft, bei seiner Besuchs-MH-Liste eine Gegenprobe macht und das Paket dann weiterleitet. Wenn das Paket zu dem Knoten gelangt, in dem der MH einen Cache-Eintrag hat, wird das Paket abwärts zum Ziel-AR geleitet, der es dann an den MH sendet. Es ist keine Einkapselung notwendig, daher ist kein Tunneln erforderlich.

[0062] Wenn ein Paket für den MH von außerhalb der Domäne stammt, wird dieses Paket unter Verwendung der Routingkopf-Zieloption an die COA geleitet und am Gateway-Knoten empfangen. Der Gateway-Knoten tauscht die COA gegen die Heimat-Adresse des MHs und leitet das Paket an die Unterdomäne, wo der MH gemäß seinem Cache-Eintrag für den MH sich augenblicklich aufhält. Dann geht es von der Unterdomäne zum Ziel-AR. Wieder wird kein Tunneln benötigt. Da die COA eine Domäne-Adresse ist, teilen ihre Präfixe den Knoten mit, wohin ein Paket weiterzuleiten ist, dessen Zieladresse auf die COA abgebildet wird.

[0063] Tunneln ist nur notwendig, wenn ein CN außerhalb der augenblicklichen Domäne keinen bindenden

Cache für den MH hat, in welchem Fall er die Pakete an den HA sendet, der wiederum solche Pakete einpackt und an die COA des MHs tunnelt. Bei Empfang eines solchen Pakets entkapselt es der Gateway-Knoten und sendet es durch normales Domänen-Präfix-Routing an den MH. Somit endet das Tunneln am Gateway-Knoten. Der HA kann eine BU an einen solchen CN im Namen des MH senden, da der MH das Tunneln nicht wahrnimmt. Auf diese Weise ist die Funktion des MHs herabgesetzt, was zum Einsparen von Batterieleistung beiträgt.

[0064] Dieser Typ von Architektur ist nicht nur einfach, sondern senkt auch den Netzwerk-Zusatz auf das Minimum. Tatsächlich sind die Erfinder der Meinung, dass der Einsatz der COA mit einem sorgfältigen Entwurf im IP-Mobilitätsmanagement vollständig verschwinden wird. Dies könnte durch Erweitern der Hierarchie erreicht werden, so dass sie einen Knoten einschließt, dessen Kinder-Knoten die Gateway-Knoten aller Domänen sind. Dies wird zu einem globalen mobilen IP-Netzwerk führen.

5. Bewegungserfassung

[0065] Ein sich bewegendes MH wird stets die durch den ARs angemeldeten Beacons empfangen und verarbeiten. Wenn er einen Beacon empfängt, dessen Präfix sich von demjenigen des ARs unterscheidet, unter dessen Versorgung er sich bewegt, wird er die notwendigen Weiterreichungsvorgänge durchführen.

[0066] Im Folgenden wird die Leistungsauswertung des hierarchischen, mobilen Paketkommunikationsnetzwerks in qualitativen bzw. quantitativen Aspekten beschrieben, indem sie mit einigen der existierenden gängigen Vorschläge in den IPv4- und IPv6-Systemen verglichen wird.

1. Qualitative Auswertung

[0067] Natürlich ist in menschlichen Bewegungen eine Standorteigenschaft vorhanden, und diese Eigenschaft spiegelt sich auch in den Bewegungen mobiler Benutzer wider. Nach einer Schätzung bewegt sich ein MH in seiner Heimat-Domäne ungefähr 70% der Zeit, der Rest der Zeit des MHs wird außerhalb seiner Heimat-Domäne verbracht. Die vorliegende Erfindung erreicht eine optimale Routing ohne COAs und ohne bindende Aktualisierungen, während sich ein MH in seiner Heimat-Domäne bewegt. Dies impliziert, dass in dem hierarchischen, mobilen Paketkommunikationsnetzwerk gemäß der vorliegenden Erfindung 70% des Zeit-Routings bei minimalem Speicherverbrauch und minimaler Signalisierungslast optimal ist. Dieses Niveau der Verbesserung ist noch in keinem der Vorschläge, die eingesehen werden können, erreicht worden.

[0068] Ein optimales Routing wird in MIPv6 erzielt, wenn CHs mit COAs aktualisiert werden, aber solche direkt geleiteten Pakete müssen Routing-Kopfoptionen tragen, die zusätzliche Bandbreite verbrauchen. Auch muss der MH bei Empfang solcher Pakete die Zieladresse (die seine COA ist) gegen seine Heimat-Adresse austauschen, bevor er sie an höherschichtige Protokolle zur Verarbeitung weitergibt, was eine Extra-Verarbeitung bedeutet. Die vorliegende optimale Route erlegt dem Netzwerk keine zusätzliche Last auf.

[0069] Man könnte vorbringen, dass in dem vorliegenden Intra-Domäne-Mobilitätsmanagement ein Element eines Host-spezifischen Routings vorliegt, denn wenn sich ein MH in eine benachbarte Zelle bewegt, wird seine Standortinformation als Schnittstellenabbildung seiner Adresse durch den Unterdomänen-Knoten aufgezeichnet. Aber es wird angeführt, dass dies eine kluge Weise ist, ein optimales Mobilitätsmanagement mit minimaler Netzwerkbelastung zu erreichen, da dieses direkte Abbilden nur in einem oder zwei Knoten in Abhängigkeit von dem Grad der Bewegung erfolgt. Wiederum kann das Präfix-Routing genutzt werden, so dass die oberen Schichten in der Adresse nicht abgebildet werden müssen, nur der Bereich, der zum Leiten des Pakets zum MH notwendig ist, muss aufgezeichnet werden, wodurch sehr wenig Speicher gebraucht wird. Wenn dies mit den echten Routing-Protokollen auf Host-Basis verglichen wird, wie denjenigen, die in „IP Micro-mobility support using HAWAII“, Internet-Entwurf, draft-ietf-mobileip-hawaii-00.txt, Juni 1999, von R. Ramjee et al., und „Design, Implementation, and Evaluation of Cellular IP“, IEEE Pers. Comm., Aug. 2000, S. 42–49, von A. T. Campbell et al. dargelegt sind, worin ein komplettes Eins-zu-Eins-Abilden für jeden MH in allen Knoten, durch die es zum Gateway hindurchgeht, vorgenommen werden muss, lernt man die Kosteneffizienz des Vorschlags der Erfinder schätzen. Auch muss im HBR jedes aufwärtige Paket zum Gateway kommen, nur um zurück in die Domäne geleitet zu werden, was bedeutet, dass, je weiter oben ein Knoten sich befindet, umso belasteter er ist, was die Skalierbarkeit beeinträchtigt. Dies ist bei dem Vorliegenden nicht so, die intrazelluläre Kommunikation geht nicht über den Zugriffsrouter hinaus, auch geht die Intra-Unterdomänen-Kommunikation nicht über den Unterdomänen-Knoten hinaus. Auf diese Weise wird die Last über die Netzwerknoten verteilt, was die Skalierbarkeit sicherstellt.

[0070] Viele existierende Vorschläge haben die passive Anschließbarkeit nicht mit aufgenommen. Kein mobiles Zugriffsnetzwerk kann ohne dieses Merkmal komplett sein, da es den doppelten Vorteil bietet, die Leistung des mobilen Endgeräts zu erhalten und unnötige Signalisierung im System zu verhindern, wenn ein MH im Leerlauf ist. Überraschenderweise haben nur wenige Vorschläge, einschließlich des vorliegenden, dieses Merkmal berücksichtigt, z. B. [5], [6].

2. Quantitative Auswertung

[0071] Jegliches lokalisiertes Mobilitätsmanagement sollte Besseres leisten als das grundlegende MIPv6, andernfalls dürfte es keine Notwendigkeit für solche Bemühungen geben. Im Hinblick darauf ist es notwendig, die vorliegende Erfindung mit dem grundlegenden MIPv6 zu vergleichen, wie es in anderen MIPv6-Erweiterungen erfolgt. Zu diesem Zweck wird die dem Internet durch MIPv6 und die vorliegende Erfindung auferlegte Signalisierungslast verglichen. Es wird angenommen, dass es die Technologie ist, die Teilnehmer an drahtlosen Netzwerken heutzutage einschränkt. IPv6-Zugriffsnetzwerke müssen Milliarden drahtloser mobiler Endgeräte handhaben, in einem solchen Szenario wird die Skalierbarkeit in Zugriffsnetzwerken eine ernsthafte Leistungsmaßnahme sein. Angesichts dessen wird auch die Intra-Domäne-Signalisierungslast der vorliegenden Erfindung mit derjenigen anderer Mikromobilitäts-Vorschläge im IPv6-System verglichen.

2.1 Signallastschätzung

[0072] Gemäß MIPv6 sendet ein MH BUs an:

seinen HA, jedes Mal, wenn er das Unternetz wechselt, und der HA muss eine BA als Bestätigung dieses BU senden. Mit f_{HA} wird die BU-Emissionsfrequenz vom MH zum HA bezeichnet.
jedem seiner CHs, jedes Mal, wenn er eine Unternetzgrenze überquert, und dann in regelmäßigen Abständen, um die Cache-Einträge der CHs aufzufrischen. Nachdem der MH aufeinander folgende BUs auf einer anfänglichen Frequenz von f_{MAX} an einen gegebenen CH mit derselben COA gesendet hat, sollte der MH diese Frequenz auf f_{REF} senken, um das Senden von BUs an diesen CH zum Auffrischen seines Caches fortzusetzen. Mit f_{CH} wird die durchschnittliche BU-Emissionsfrequenz vom MH zum CH bezeichnet.

[0073] f_{HA} und f_{REF} hängen beide von der Bewegungsrate (Mobilitätsrate = λ_s) des MH ab und sind wie folgt gegeben:

$$\begin{cases} \{(f_{REF} / \lambda_s) + (M - 1)\} \times \lambda_s & \text{für } f_{REF} > \lambda_s \\ f_{CH} = M \times \lambda_s & \text{für } 1/M \times \lambda_{MAX} \geq \lambda_s \geq f_{REF} \\ (f_{REF} \lambda_s) & \text{für } \lambda_s \geq 1/M \times f_{MAX} \geq f_{REF} \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} \{(f_{REF} / \lambda_s) + 1\} \times \lambda_s & \text{für } f_{REF} \geq \lambda_s \\ f_{HA} = 2 \times \lambda_s & \text{für } \lambda_s \geq f_{REF} \end{cases} \quad (2)$$

[0074] Gemäß der vorliegenden Erfindung belastet ein Signal im Zusammenhang mit der Intra-Domänen-Mobilität nicht das Internet, so dass es null Bandbreitenverbrauch beiträgt. Aber jedes Mal, wenn sich das MH in eine neue Domäne bewegt, erhält es eine COA und sendet dann eine BU an:
den Gateway-Knoten der Domäne und empfängt eine Bestätigung
seinen HA und empfängt eine Bestätigungsmeldung, BA, vom HA auf der Frequenz f_{CHINA}
seine CHs außerhalb der Domäne, auch auf der Frequenz f_{CHINA}

[0075] Die Aufenthaltszeit in einem Unternetz ist geringer als die Aufenthaltszeit in einer Domäne, da angenommen wird, dass eine Domäne aus einem oder mehreren Unternetzen besteht. Die Frequenz zum Senden oder Auffrischen von BUs sollte von der Aufenthaltszeit abhängen. Aus diesem Grund wird der Wert $1/((1 - \phi)\lambda_s)$ als Domäne-Aufenthaltszeit übernommen. Dies ergibt die Zwischen-Domänen-Übergangsrate als $(1 - \phi)\lambda_s$, wobei λ_s die Unternetz-Übergangsrate ist. ϕ wird als Skalierungsfaktor interpretiert, der die Größe der Domäne in Bezug auf das Unternetz reflektiert, d. h. $\phi = 0$ skaliert zu einem Unternetz herunter. Bei Weiterführung dieser Begründung wird

$$f_{CHINA} = (1 - \phi)\lambda_s$$

gewählt.

[0076] Der Bandbreitenverbrauch für die zwei Systeme ist daher gegeben durch:

$$BW_{MIPv6} = S_{BU} \times (f_{CH} \times (N_{CH} + 1) + f_{HA}) \quad (3)$$

$$BW_{CHINA} (S_{BU} \times (1 - \varphi) \lambda_s \times (N_{CH} + 1)) \quad (4)$$

[0077] Wobei N_{CH} = durchschnittliche Anzahl von CHs, λ_s = durchschnittliche Unternetz-Übergangsrate und S_{BU} = 68 Bytes (IPv6-Kopf (40) + BU-Kopf (28)). Diese sind in [Fig. 7](#) für $N_{CH} = 2$ und 10, $f_{REF} = 1/60$, $f_{MAX} = 1$, $M = 5$ und $\varphi = 0,5$ graphisch dargestellt. Auch der Bandbreitenzuwachs des hierarchischen, mobilen Paketkommunikationsnetzwerks gemäß der vorliegenden Erfindung über MIPv6 wird als $(BW_{MIPv6} - BW_{CHINA})/BW_{MIPv6}$ ausgedrückt.

[0078] Als Nächstes wird die Intra-Domäne-Mobilitätsmanagement-Signalisierung für das hierarchische, mobile Paketkommunikationsnetzwerk gemäß der vorliegenden Erfindung und anderer HMIPv6 auf Domäne-Basis betrachtet. Diese HMIPv6 basieren auf einer flachen Hierarchie von nur zwei Ebenen. Daher wird zum gerechten Vergleich angenommen, dass das hierarchische, mobile Paketkommunikationsnetzwerk gemäß der vorliegenden Erfindung eine Hierarchie mit zwei Ebenen ist (tatsächlich ist das hierarchische, mobile Paketkommunikationsnetzwerk gemäß der vorliegenden Erfindung sehr flexibel, eine beliebige Hierarchieanzahl kann in Abhängigkeit von der Größe einer Domäne oder den Bedürfnissen eines Serviceproviders verwendet werden). Für andere HMIPv6-Vorschläge ist das Intra-Domäne-Mobilitätsmanagement im Grunde dasselbe, daher werden sie als „andere HMIPv6“ gruppiert. Entsprechend diesen Vorschlägen muss ein MH, während er sich in einer Domäne (Heimat oder fremd) bewegt, mindestens zwei COAs, eine regionale COA (RCOA) und eine physische COA (PCOA), aufweisen. Dann sollte er BUs senden an: den Domäne-Gateway, der eine Bestätigungsmeldungs-BA an den HM sendet CHs in der Domäne

[0079] Alle diese sollten auf einer Frequenz f_{REF} gesendet/aufgefrischt werden. Dies verbraucht Bandbreite:

$$BW_{andere-intra} = \alpha \{S_{BU} \times f_{REF} \times (N_{CH} + 1)\} + (1 - \alpha) \{S_{BU} \times f_{REF} \times (N_{CH} + 1)\} \quad (5)$$

[0080] In dem hierarchischen, mobilen Paketkommunikationsnetzwerk gemäß der vorliegenden Erfindung braucht ein MH keine COA, wenn er sich in seiner Heimat-Domäne bewegt, daher gibt es keine zu sendenden BUs. Der Bandbreitenverbrauch ist null. Während sich ein MH in einer fremden Domäne bewegt, sollte er eine COA erwerben und BUs senden an: den Domäne-Gateway, Knoten, der zur Bestätigung einen BA sendet. Dieser sollte mit der Frequenz f_{CHINA} aufgefrischt werden.

[0081] Dies verbraucht Bandbreite:

$$BW_{CHINA-intra} = (1 - \alpha) \{Größe_{BU} \times (1 - \varphi) \lambda_s \times 2\} \quad (6)$$

[0082] Die Wahrscheinlichkeit, dass ein MH sich in seiner Heimat-Domäne bewegt, beträgt $\alpha = 0,69$. Für einen gerechten Vergleich wird f_{CHINA} in beiden Fällen verwendet, da kein Interesse an der Wirkung der Auffrischungsfrequenz, sondern an der Protokollleistung besteht.

[0083] Als Nächstes wird der Speicherverbrauch aufgrund des Standortinformations-Cachens des hierarchischen, mobilen Paketkommunikationsnetzwerks gemäß der vorliegenden Erfindung, andere HMIPv6 und MIPv6, verglichen. Dazu wird der Speicherverbrauch im Zusammenhang mit der Mobilität aufgrund eines einzigen MHs geschätzt. Dann wird der Trend dieses Verbrauchs als Anzahl der steigenden MHs untersucht.

[0084] Im MIPv6 wird angenommen, dass jeder MH eine Liste seiner CHs führt und jeder CH hält einen BU-Cache für jeden MH, mit dem er kommuniziert, aufrecht. Für jede Cache-Eintragsgröße nimmt man einen flachen Wert von 32 Bytes (zwei IPv6-Adressen). Es werden die anderen Posten in der Cache-Datensatz angenommen, wie die Betriebszeitfelder, Merker usw., da der Unterschied, den sie pro Cache ausmachen, unbedeutend ist, hat er keine Auswirkung auf den vorliegenden Vergleich. Daher ergibt sich für MIPv6 für jeden MH-Speicherverbrauch (M_{MIPv6}):

$$M_{MIPv6} = 2 \times (N_{CH} + 1) \times S_{Eintrag} \times N_{MH} \quad (7)$$

[0085] In den anderen HMIPv6 führt ein MH, während er sich in einer Domäne (Heimat oder fremd) bewegt,

eine Liste von CHs, jeder CH hält einen BU-Cache für die MHs aufrecht, mit denen er kommuniziert. Der Domäne-Gateway-Knoten hält einen BU-Cache für jeden MH in seiner Domäne aufrecht, der HA hält einen BU-Cache für den MH aufrecht. Dies gilt auch für das hierarchische, mobile Paketkommunikationsnetzwerk gemäß der vorliegenden Erfindung, ausgenommen, dass kein CH einen BU-Cache aufrechterhält, während sich ein MH in der Heimat-Domäne befindet. Für diese Systeme ergibt sich also folgender Speicherverbrauch pro MH:

$$M_{\text{HMIPv6}} = \alpha \times (N_{\text{CH}} + 2) \times S_{\text{Eintrag}} \times N_{\text{MH}} + (1 - \alpha) \times (N_{\text{CH}} + 2) \times N_{\text{MH}} \quad (8)$$

$$M_{\text{CHINA}} = \alpha \times 2 \times S_{\text{Eintrag}} \times N_{\text{MH}} + (1 - \alpha) \times (N_{\text{CH}} + 2) \times S_{\text{Eintrag}} \times N_{\text{MH}} \quad (9)$$

[0086] Das hierarchische, mobile Paketkommunikationsnetzwerk gemäß der vorliegenden Erfindung weist eine neuartige Mobilitätsmanagement-Architektur auf und wurde auf einer mobilen Ebene über dem festen Internet entwickelt. Es wurde entwickelt, um die Gebundenheit und Skalierbarkeitseigenschaften der Hierarchie auszunutzen. Es wurde entwickelt, um die Gebundenheit und Skalierbarkeitseigenschaften der Hierarchie auszunutzen. Es führt die Idee einer Hierarchie-Untervernetzung ein und verwendet eine Bearbeitung des Präfix-Routings des Internets. Dies führt zu einer erhöhten Routing-Effizienz mit einer minimalen Signalisierung im Zusammenhang mit der Mobilität.

Patentansprüche

1. Hierarchisches, mobiles Paketkommunikationsnetzwerk, das zum Bereitstellen von Paketkommunikation mit mobilen Endgeräten ausgelegt ist, mit mehreren Netzwerkknoten (**1**, **11**, **111**), die in hierarchischer Architektur als zumindest eine obere Schicht, eine mittlere Schicht und eine untere Schicht konfiguriert sind, und mehreren mobilen Endgeräten (**333**), wobei der Netzwerkknoten in der oberen Schicht (**1**) aufwärts mit dem Internet und abwärts mit den Netzwerkknoten in der mittleren Schicht (**11**) verbunden ist, die Netzwerkknoten in der mittleren Schicht (**11**) aufwärts mit dem Netzwerkknoten in der oberen Schicht (**1**) oder einem anderen Netzwerkknoten in der mittleren Schicht (**11**) und abwärts mit den Netzwerkknoten in der unteren Schicht (**111**) oder mit Netzwerkknoten in der mittleren Schicht (**11**) verbunden ist; die Netzwerkknoten in der unteren Schicht (**111**) aufwärts mit den Netzwerkknoten in der mittleren Schicht (**11**) und abwärts drahtlos mit den mobilen Endgeräten (**333**) verbunden sind; wobei Netzwerkknoten abwärts eines Netzwerkknotens in der unteren Schicht zusammen mit dem Netzwerkknoten in der unteren Schicht ein Unternetz für den Netzwerkknoten in der unteren Schicht bilden;

jedem Netzwerkknoten (**1**, **11**, **111**) ein Block global routingfähiger Adressen zugeordnet ist, die dasselbe Präfix haben und die das Präfix ihrer jeweiligen Eltern-Netzwerkknoten annehmen;

wobei jedes mobile Endgerät (**333**) eine eindeutige Adresse hat, die aus den Präfixen der Netzwerkknoten besteht, zu denen es gehört, und aus einer Schnittstellenkennung, die das mobile Endgerät identifiziert, die sich nicht ändert, wenn sich das mobile Endgerät (**333**) in einem Unternetz, zu dem es nicht gehört, bewegt,

jeder Netzwerkknoten (**1**, **11**, **111**) eine Statustabelle (**2**, **22**, **222**) zu mobilen Endgeräten führt, die den Status der zugehörigen mobilen Endgeräte und den Status von besuchenden mobilen Endgeräten, die sich im Unternetz des jeweiligen Netzwerkknotens bewegen, aufzeichnet, und

dadurch gekennzeichnet, dass

jeder Netzwerkknoten auch eine Routing-Tabelle aufweist.

2. Netzwerk nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Netzwerkknoten in einer oberen Schicht (**1**) ein Gateway ist.

3. Netzwerk nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Netzwerkknoten in einer mittleren Schicht (**11**) ein Unterdomänen-Router ist.

4. Netzwerk nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Netzwerkknoten in einer unteren Schicht (**111**) ein Zugangsrouter ist.

5. Netzwerk nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Netzwerkknoten in einer unteren Schicht (**111**) eine Basisstation ist.

6. Netzwerk nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die global routing-fähige Adresse eine IPv6-Adresse ist.

7. Netzwerk nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass eine Gruppe der höchstwertigen Bits (MSB)

im SLA-ID-Teil der IPv6-Adresse als Präfix des Netzwerkknotens in der oberen Schicht verwendet wird.

8. Netzwerk nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass eine nächste Gruppe von höchstwertigen Bits (MSB) im SLA-ID-Teil der IPv6-Adresse als Präfix der Netzwerkknoten in der mittleren Schicht verwendet wird.

9. Netzwerk nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Statustabelle der mobilen Endgeräte aus einer Statustabelle für zugehörige mobile Endgeräte besteht, die den Status der zugehörigen mobilen Endgeräte aufzeichnet, und einer Statustabelle für besuchende mobile Endgeräte, die den Status der besuchenden mobilen Endgeräte aufzeichnet.

10. Verfahren zur Kommunikation in einem hierarchischen, mobilen Paketkommunikationsnetzwerk, das zur Vornahme von Paketkommunikation mit mobilen Endgeräten ausgelegt ist, wobei das hierarchische, mobile Paketkommunikationsnetzwerk mehrere Netzwerkknoten (**1**, **11**, **111**) aufweist, die in hierarchischer Architektur in zumindest eine obere Schicht, eine mittlere Schicht und eine untere Schicht konfiguriert sind, und mehrere der mobilen Endgeräte (**333**); wobei der Netzwerkknoten in der oberen Schicht (**1**) nach oben mit dem Internet und nach unten mit den Netzwerkknoten in der mittleren Schicht (**11**) verbunden ist, die Netzwerkknoten in der mittleren Schicht (**11**) nach oben mit einem Netzwerkknoten in der oberen Schicht (**1**) oder einem anderen Netzwerkknoten in der mittleren Schicht (**11**) und nach unten mit den Netzwerkknoten in der unteren Schicht (**111**) oder einem Netzwerkknoten in der mittleren Schicht (**11**) verbunden sind; die Netzwerkknoten in der unteren Schicht (**111**) nach oben mit dem Netzwerkknoten in der mittleren Schicht (**11**) und drahtlos nach unten mit den mobilen Endgeräten (**333**) verbunden sind, wobei Netzwerkknoten unterhalb eines Netzwerkknotens in der unteren Schicht zusammen mit dem Netzwerkknoten in der unteren Schicht ein Unternetz für den Netzwerkknoten der unteren Schicht bilden; wobei

jeder Netzwerkknoten (**1**, **11**, **111**) einen Block von global routing-fähigen Adressen zugeordnet hat, die das gleiche Präfix haben und die das Präfix ihrer Eltern-Netzwerkknoten annehmen;

jedes mobile Endgerät (**333**) eine eindeutige Adresse hat, die aus den Präfixen der Netzwerkknoten, besteht, zu denen es gehört, und der Schnittstellenkennung, die das mobile Endgerät identifiziert, die sich nicht ändert, wenn sich das mobile Endgerät (**333**) in einem Unternetz, zu dem es nicht gehört, bewegt,

das mobile Endgerät (**333**) ein Beacon-Signal verwendet, das vom Netzwerkknoten in der unteren Schicht (**111**) ausgesendet wurde, um zu bestimmen, ob es sich im Unternetz befindet, zu dem es gehört, oder ob es sich in einem fremden Unternetz bewegt;

das sich in einem fremden Unternetz bewegendes mobile Endgerät (**333**) eine Registriernachricht an den entsprechenden fremden Netzwerkknoten (**111**) sendet und die Netzwerkknoten (**1**, **11**, **111**) im hierarchischen Routing-Pfad vom entsprechenden fremden Netzwerkknoten zum Heimat-Netzwerkknoten, zu dem das mobile Endgerät gehört, die Information über das Bewegen hinzufügen;

der Netzwerkknoten (**111**) das vom Endgerät empfangene Paket in seinem Unternetz an das Zielendgerät überträgt, wenn die Statustabelle der mobilen Endgeräte angibt, dass das Zielendgerät in seinem Unternetz aktiv ist, oder das Paket an seinen aufwärtigen Netzwerkknoten weiterleitet;

das weitergeleitete Paket über den hierarchischen Routing-Pfad an das Zielendgerät übertragen wird,

jeder Netzwerkknoten (**1**, **11**, **111**) eine Statustabelle (**2**, **22**, **222**) für mobile Endgeräte führt, die den Status der zugehörigen mobilen Endgeräte und den Status der besuchenden mobilen Endgeräte, die sich im Unternetz der Netzwerkknoten befinden, aufzeichnet, und

dadurch gekennzeichnet, dass

jeder Netzwerkknoten auch eine Routing-Tabelle aufweist.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die global routing-fähige Adresse eine IPv6-Adresse ist.

12. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass eine Gruppe der höchstwertigen Bits (MSB) im SLA-ID-Teil der IPv6-Adresse als Präfix des Netzwerkknotens in der oberen Schicht verwendet wird.

13. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass eine nächste Gruppe von höchstwertigen Bits (MSB) im SLA-ID-Teil der IPv6-Adresse als Präfix der Netzwerkknoten in der mittleren Schicht verwendet wird.

14. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Statustabelle (**2**, **22**, **222**) der mobilen Endgeräte aus einer Statustabelle für zugehörige mobile Endgeräte besteht, die den Status der zugehörigen mobilen Endgeräte aufzeichnet, und einer Statustabelle für besuchende mobile Endgeräte, die den Status der

besuchenden mobilen Endgeräte aufzeichnet.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

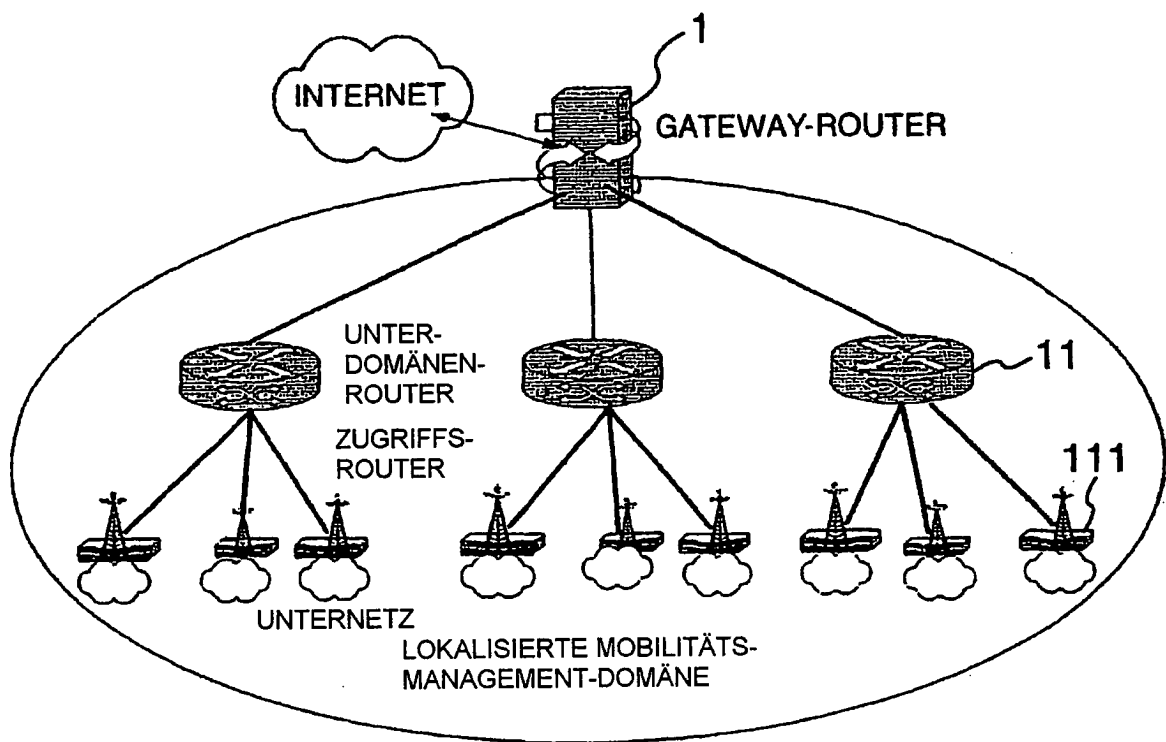


FIG. 2

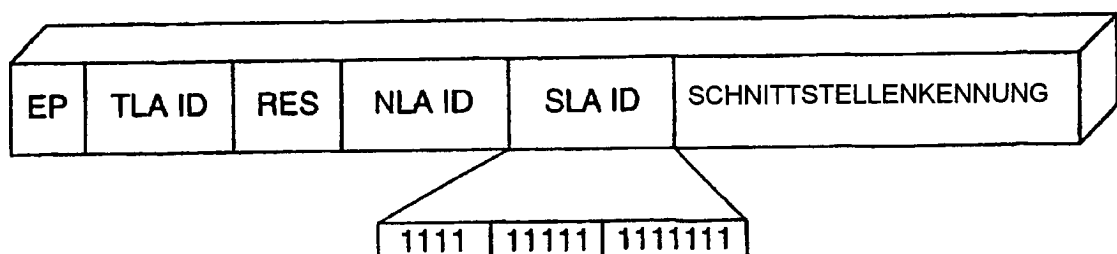


FIG. 3

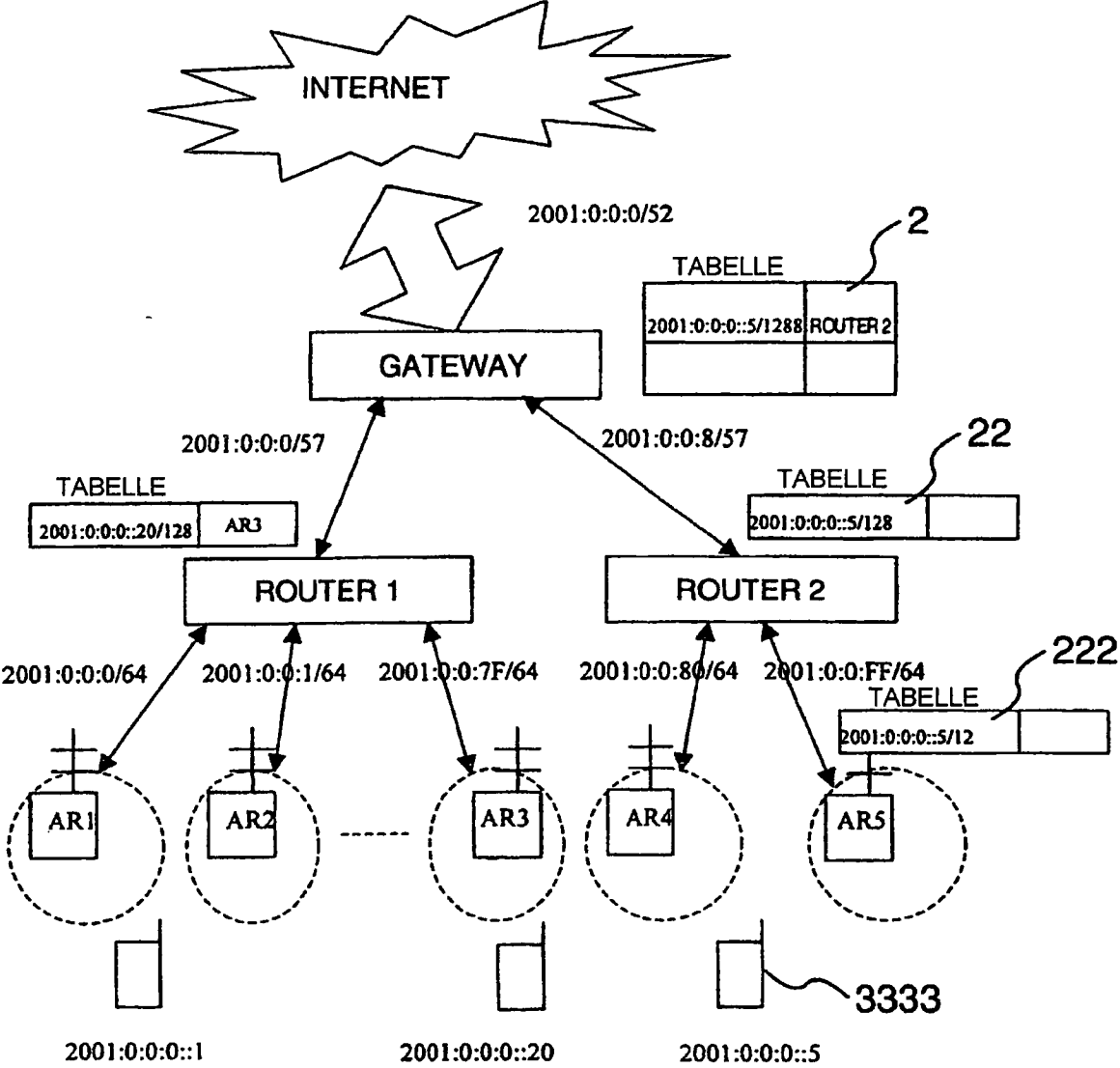


FIG. 4

MH #1	AKTIV	RUHE	FORT
MH #2	AKTIV	RUHE	FORT
MH #3	AKTIV	RUHE	FORT

(a) STATUSTABELLE FÜR
ZUGEHÖRIGE MHs

MH #1	AKTIV	RUHE
MH #2	AKTIV	RUHE
MH #3	AKTIV	RUHE

(b) STATUSTABELLE FÜR
BESUCHENDE MHs

FIG. 6

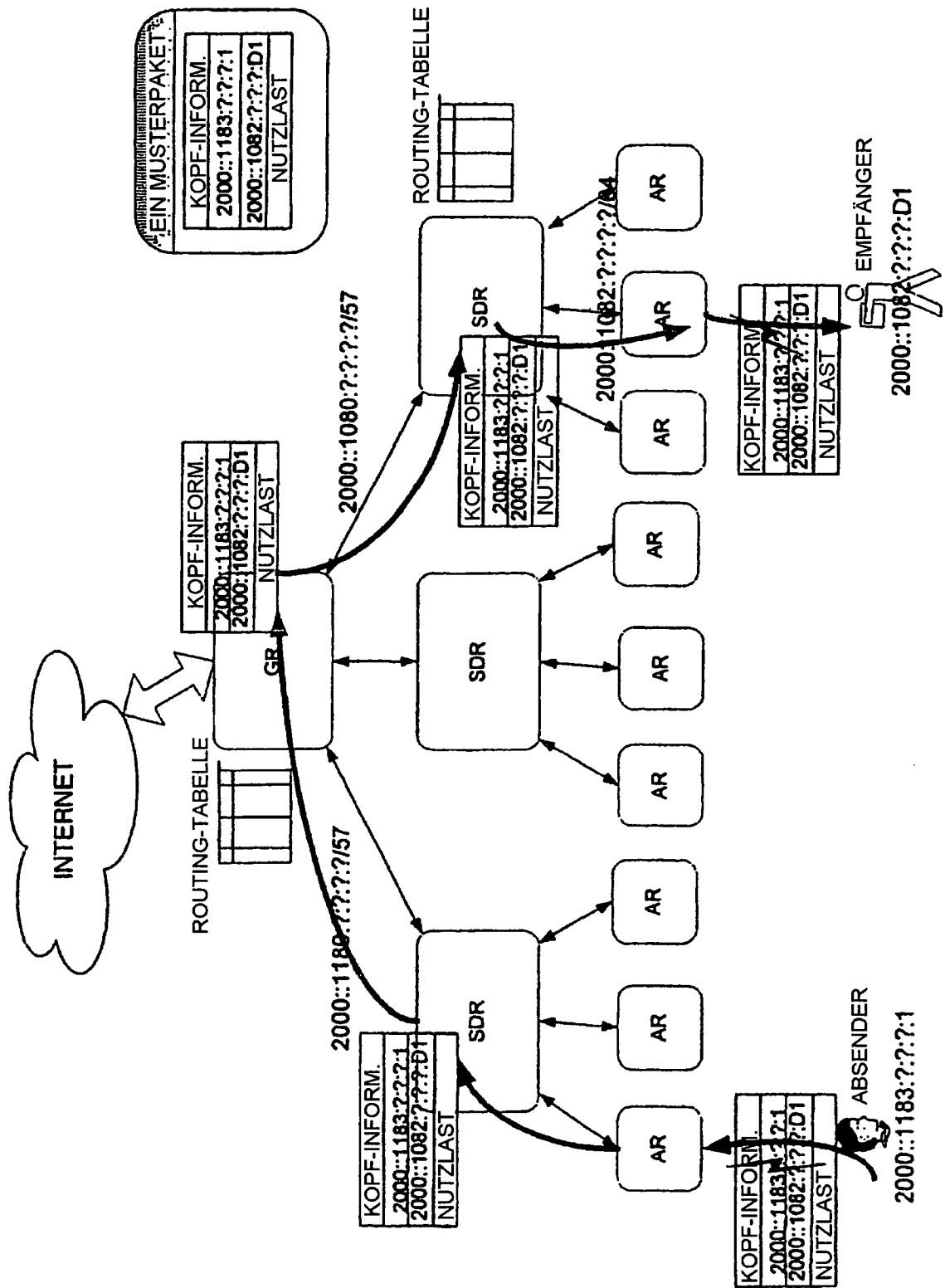


FIG. 7

