



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 600 27 566 T2 2007.01.25

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 195 024 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 600 27 566.3

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/GB00/02800

(96) Europäisches Aktenzeichen: 00 946 171.6

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 2001/006707

(86) PCT-Anmeldetag: 19.07.2000

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: 25.01.2001

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 10.04.2002

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 26.04.2006

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 25.01.2007

(51) Int Cl.⁸: **H04L 12/28 (2006.01)**
H04L 12/56 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

99305688 19.07.1999 EP

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE

(73) Patentinhaber:

British Telecommunications Public Ltd. Co.,
London, GB

(72) Erfinder:

O'NEILL, William, Alan, Ipswich, Suffolk, IP4 2JA,
GB; CORSON, Scott, Mathew, Kensington, MD
20895, US

(74) Vertreter:

BEETZ & PARTNER Patentanwälte, 80538
München

(54) Bezeichnung: **Leitweglenkung für Telekommunikation**

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 eingelebt, 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] Diese Erfindung betrifft die Leitweglenkung für Telekommunikationssignale. Insbesondere betrifft sie ein Verfahren für die Leitweglenkung solcher Signale an sowohl feste als auch mobile Telekommunikationsmedien, sodass ähnliche Dienste von Benutzern an beiden Medien auf gleiche Weise verwendet werden können, und ermöglichen Systembetreibern, die Kosten durch mehr Gemeinsamkeit der Vermittlung und anderer netzwerkbasierter Funktionen zu verringern. Die vorliegende Erfindung betrifft die Leitweglenkung von paketbasierter Kommunikation, wie etwa die, die im „Internet“ verwendet wird, das das sogenannte „Internet-Protokoll“ (IP) verwendet.

[0002] Derzeitige mobile Mediensysteme sind derart eingerichtet, dass ein mobiler Benutzer und zugeordnete Systeme an der Schnittstelle zu dem Netzwerk zusammenarbeiten (typischerweise die Funkbasisstation), um zu ermöglichen, dass ein mobiler Knoten von der Kommunikation mit einer Basisstation zur Kommunikation mit einer anderen übergeht, und dem Netzwerk zu ermöglichen, intelligente Stellen des neuen Standorts zu aktualisieren. In zellulären Netzwerken sind diese intelligenten Stellen das Heimat- und das Besucherstandortregister (HLR (Home Location Register) und VLR (Visitor Location Register)), während diese Stellen beim „mobilen Internetprotokoll“ (Mobile IP) als Heimat- und Fremdagent bekannt sind. In beiden Fällen unterhält das „Besucher“-Standortregister oder der „Fremd“-Agent einen Datensatz nur von den Benutzern, die aktuell mit den Basisstationen unter ihrer Überwachung kooperieren, während ihre „Heimat“-Gegenstücke einen permanenten Datensatz von ihren zugeordneten Benutzern unterhalten, einschließlich eines Datensatzes, mit dem jeweils VLR oder Fremdagent aktuell arbeiten. Die Adresse auf einer ankommenden Nachricht identifiziert den relevanten HLR/Heimatagenten, auf den Bezug genommen wird, um den geeigneten VLR/Fremdagagenten für genauere Details der Leitweglenkung zu identifizieren. Dies ermöglicht, dass kleinere Änderungen des Standorts innerhalb des VLR/Fremdagagenten lokal für den aktuellen Standort des Benutzers durchgeführt werden, ohne dass das HLR/der Heimatagent informiert wird, der in einiger Entfernung sein kann, wodurch der Verwaltungsaufwand für die Signalisierung stark reduziert wird. Die zusätzlichen Kosten der Mobilität sind die Bereitstellung dieser Heimatagent/Fremdagagent-Schnittstelle, und insbesondere bei Paketsystemen die Kosten für das Tunneln (Weiterleiten von Nachrichten von einer Adresse zu einer anderen), das Verbrauchen von Adressen (die Unmöglichkeit, eine Adresse, von der aus die Weiterleitung stattfindet, wiederzuverwenden) und Leitweglenkung über Umwege.

[0003] In einem System mit festen Medien basiert die IP-Leitweglenkung auf der Verteilung von

IP-Adressblöcken oder Präfixen mit zugeordneten Kosten je nach Charakter der Verbindung oder Kosten für die Leitweglenkung von potenziellen Zielen zu potenziellen Sendern, sodass sie und Zwischenrouter den besten nächsten Sprung (Nachbarrouter) in Richtung des Ziels bestimmen können. Diese Leitwege werden für alle Ziele in dem Netzwerk vorausberechnet, sodass Sender Informationen sofort senden können, wenn sie erzeugt werden. Die Vorausberechnung von Leitwegen und die eingesetzte Leitwegtauschtechnik sind möglich, wenn die Quellen und Ziele einen festen Standort haben und die Kommunikationsbandbreite für vollständigen Austausch von Leitwegen breit genug ist. Da jedoch das Ausmaß des Umherwanderns (Roaming) jedoch ansteigt, brechen solche Modelle zusammen und ein dynamischer Ansatz ist erforderlich.

[0004] Ein Vorschlag, auf der „HAWAII“ genannt wird, wurde am 19. Februar 1999 als ein Internet-Entwurf mit dem Titel „IP Micro-Mobility Support using HAWAII“, R. Ramjee, T. La Por, S. Thuel, K. Varadh veröffentlicht, der an die Internetseite der Internet Engineering Task Force unter <HTTP://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ramjee-micro-mobility-hawaii-00.txt> geschickt wurde. HAWAII verwendet spezialisierte Pfadaufbauschemata, die hostbasierte Weiterleitungseinträge in speziellen Routern installieren, wenn sich diese in der Domain der Leitweglenkung befinden, um Intra-Domain-Mikromobilität zu unterstützen, und Standardwerte für die Verwendung von „mobilem IP“ für Inter-Domain-Mikromobilität. Bei HAWAII behalten mobile Hosts ihre Netzwerkkadresse, während sie sich innerhalb der Domain bewegen. Die HAWAII-Architektur beruht auf einem Gateway-Router in einer Domain, der der Domain-Root-Router genannt wird, an den Standardleitwege innerhalb der Domain gerichtet werden. Jeder mobile Host ist auf Basis seiner permanenten IP-Adresse einer Heimatdomain zugeordnet. Das Pfadaufbauschema aktualisiert einen einzelnen Leitwegpfad in einer Domain, sodass die Verbindung zu dem mobilen Host sowohl vor als auch nach der Übergabe auf der drahtlosen Verbindungsebene möglich ist. Nur Router, die entlang eines einzelnen Leitweglenkungspfades zwischen dem Domain-Root-Router und der Basisstation, die den mobilen Host aktuell bedient, angeordnet sind, haben Einträge für die IP-Adresse des mobilen Hosts in der Leitweglenkungstabelle. Der Rest der Router in dem Leitweg in der Domain leitet alle Pakete, die an den mobilen Host adressiert sind, stromaufwärts entlang Standardleitwegen, die auf der baumartigen Struktur der Leitwege der Domain beruhen, die ihren Ursprung an dem Domain-Root-Router hat, der einen Kreuzungspunkt mit dem Leitweg stromabwärts in Richtung des mobilen Hosts entlang des einzelnen Leitweglenkungspfades bietet, für den die Router individuelle Hosteinträge der IP-Adresse des mobilen Hosts haben.

[0005] Bei HAWAII wird die Mobilität zwischen Domains durch Mechanismen von „mobilem IP“ unterstützt. Der Root-Router der Heimatdomain wird als der Heimatagent bezeichnet, und eingekapselte IP-Pakete werden über den Root-Router der Fremddomain weitergeleitet.

[0006] Nachteile der HAWAII-Vorschläge umfassen die Konzentration von mobilen IP-Tunnels in wenigen Knoten im Kern des Netzwerks, den Domain-Root-Routern, sodass ein Versagen von irgend einem dieser Knoten zum Versagen in großem Umfang von allen mobilen IP-Zuständen und zugeordneten Sitzungen resultieren kann, die von dem versagenden Knoten bearbeitet werden. Da darüber hinaus alle Leitweglenkung von außerhalb der Heimat-Domain in die Heimat-Domain, und in umgekehrter Richtung, über den Root-Router der Heimatdomain geschehen muss, kann Versagen des Heimat-Domain-Root-Routers auch zu Versagen in großem Umfang führen.

[0007] Die internationale Patentanmeldung WO98/47302 beschreibt ein verbindungsorientiertes paketbasiertes Netz, wie etwa ein Netz mit asynchronem Übertragungsmodus (ATM, Asynchronous Transfer Mode), in dem sich das mobile Endgerät im Netz bewegen kann. Wenn sich der Zugangspunkt des Endgerätes während einer aktiven Verbindung verändert, wird die Leitweglenkung der Verbindung von dem alten Zugangspunkt zu dem neuen Zugangspunkt erweitert. Um Paketverlust zu vermeiden, werden Daten dem alten Zugangspunkt gepuffert. Ein drittes Netzwerkelement (z.B. eine ATM-Vermittlungsstelle) baut eine Erweiterungsverbindung zwischen dem alten Zugangspunkt und dem neuen Zugangspunkt auf, entlang der die gepufferten Daten gesendet werden können.

[0008] Die europäische Patentanmeldung EP 0 777 396 beschreibt auch ein verbindungsorientiertes paketbasiertes Netzwerk, wie etwa ein Netzwerk mit asynchronem Übertragungsmodus (ATM, Asynchronous Transfer Mode), und ein Verfahren zur Aufrechterhaltung der Reihenfolge von ATM-Zellen, die zu/von einem mobilen Knoten während der Übergabe zwischen einem alten und einen neuen Zugangsknoten gesendet wird. Ein Reihenfolgencode wird innerhalb eines Feldes im Header der ATM-Zelle eingesetzt, der die Erfassung von falscher Reihenfolge oder Verlust von Zellen ermöglicht. Während einer Übergabe werden die Anrufe in einem FIFO (First In, First Out, erstes hinein, erstes heraus)-Puffer in dem alten Zugangsknoten gespeichert. Es wird ein Protokoll verwendet, in dem der mobile Knoten den alten Zugangsknoten über die letzte Zelle informiert, die in der richtigen Reihenfolge empfangen wurde. Zellen werden von dem FIFO-Puffer in dem alten Zugangsknoten gelöscht, nachdem der mobile Knoten bestätigt hat, dass er sie in der richtigen Reihenfolge emp-

fangen hat.

[0009] Nach einem Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zur Steuerung der Leitweglenkung von Paketen mit verbindungslosem Leitweglenkungsprotokoll in einem Netzwerk geschaffen, das eine Infrastruktur von Paketvermittlungsknoten, die durch Pakettransportverbindungen verbunden sind, und mehrere Zugangsknoten enthält, zu denen in der Infrastruktur für eine bestimmte Netzwerkadresse ein Leitweglenkungspfad gelenkt werden kann, der durch Daten definiert ist, die in Paketvermittlungsknoten gespeichert sind, die entlang dem Leitweglenkungspfad angeordnet sind, wobei das Verfahren folgendes umfasst:

Lenken von Paketen entlang eines ersten Leitweglenkungspfades zu einer ersten Netzwerkadresse, wobei der Leitweglenkungspfad zu einem ersten Zugangsknoten führt, der einen mobilen Knoten versorgt, der die erste Netzwerkadresse über eine Kommunikationsverbindung verwendet;

Festlegen einer Schnittstelle, die von der Kommunikationsverbindung von dem ersten Zugangsknoten zu dem mobilen Knoten verschieden ist, auf der Pakete weitergeleitet werden, die entlang des ersten Leitweglenkungspfades zu einem zweiten Zugangsknoten ankommen;

nach dem Festlegen der Schnittstelle Übergeben der Kommunikationsverbindung des mobilen Knotens, sodass der zweite Zugangsknoten den mobilen Knoten versorgt;

als Reaktion auf das Übergeben der Kommunikationsverbindung Ändern der Leitweglenkung für die erste Netzwerkadresse in der Infrastruktur und Erzeugen eines zweiten Leitweglenkungspfades für die erste Netzwerkadresse, der zu dem zweiten Zugangsknoten führt;

als Reaktion auf die Erzeugung des zweiten Leitweglenkungspfades Ändern der Leitweglenkung in der Infrastruktur für die erste Netzwerkadresse und Entfernen des ersten Leitweglenkungspfades; und

Lenken von Paketen zu dem zweiten Zugangsknoten über den zweiten Leitweglenkungspfad.

[0010] Indem an dem ersten Zugangsknoten eine Schnittstelle für die Weiterleitung festgelegt wird, die von der Kommunikationsverbindung verschieden ist, und die Leitweglenkung geändert wird, um nicht den ersten Leitweglenkungspfad zu entfernen, bevor der zweite Leitweglenkungspfad erzeugt ist, kann der Verlust von Paketen in der Infrastruktur vermieden werden, sogar wenn im zeitlichen Ablauf unbekannte Abweichungen zwischen dem Verlust der Kommunikationsverbindung und der Änderung der Leitweglenkung in der Infrastruktur bestehen.

[0011] Weitere Aspekte und Vorteile der Erfindung werden aus den Ausführungen offensichtlich, die nun nur als Beispiel mit Bezug auf die Zeichnungen im Anhang beschrieben werden, in denen:

[0012] [Fig. 1](#) schematisch ein Beispiel einer festen/mobilen Topologie entsprechend einer Ausführung der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0013] die [Fig. 2](#) bis [Fig. 11](#) schematisch die Übergabe zwischen Basisstationen und die begleitenden Aktualisierungen der Leitweglenkung entsprechend einer Ausführung der vorliegenden Erfindung darstellen;

[0014] die [Fig. 12](#) bis [Fig. 16](#) die Übergabe zwischen Basisstationen und die begleitenden Aktualisierungen der Leitweglenkung entsprechend einer weiteren Ausführung der Erfindung darstellen;

[0015] die [Fig. 17](#) bis [Fig. 25](#) den Wiederaufbau der Leitweglenkung zu einer Heimat-Basisstation entsprechend einer Ausführung der Erfindung darstellen;

[0016] [Fig. 26](#) schematisch eine Datentabelle des Leitweglenkungsprotokolls darstellt, die im einem Leitweglenkungsknoten nach einer Ausführung der Erfindung gespeichert ist; und

[0017] [Fig. 27](#) eine Weiterleitungstabelle für den nächsten Sprung darstellt, die in dem Leitweglenkungsknoten nach einer Ausführung der Erfindung gespeichert ist.

[0018] In [Fig. 1](#) ist nun ein Beispiel einer Festnetz-/Mobilfunktopologie nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung gezeigt. Die Topologie enthält als Beispiel drei Paketvermittlungsnetzwerke **2**, **4** und **6**, die ein autonomes System (AS) bilden, dessen Umfang schematisch durch die dunklen Schattierungen [Fig. 1](#) dargestellt ist. Eine Definition, die für den Begriff autonomes System angegeben wird, ist „Einsatz von Routern und Netzwerken unter derselben Verwaltung“ („Routing in the Internet“, Christian Huitema, Prentice Hall, 1995, S. 158). Hier soll der Begriff autonomes System, der nach dem Stand der Technik auch Leitweglenkungsdomain genannt wird, ein Netzwerk oder einen Satz von Netzwerken mit Routern bedeuten, die dasselbe Leitweglenkungsprotokoll verwenden. Ein autonomes System kann mit anderen autonomen Systemen verbunden sein, was ein globales Zwischennetzwerk wie etwa das Internet (das unten als Beispiel verwendet wird) bildet. Das Leitweglenkungsprotokoll ist ein internes Gateway-Protokoll, und Kommunikation mit anderen autonomen Systemen wird über externe Gateway-Protokolle erreicht, wie etwa das Grenz-Gateway-Protokoll (BGP, Border Gateway Protocol). Beispiele von bekannten internen Gateway-Protokollen sind das Leitweglenkungsinformationsprotokoll (RIP, Routing Information Protocol) und das Protokoll offener kürzester Pfad zuerst (OSPF, Open Shortest Path First).

[0019] Die Netzwerke **2**, **4** und **6**, die eine feste In-

frastruktur des autonomen Systems bilden, enthalten mehrere Internetprotokoll(IP, Internet Protocol)-Paketvermittlungsknoten in Form mehrerer Kernrouter (CR, Core Router), mehrerer Randrouter (ER, Edge Router) und Brückenrouter (BR, Bridge Router), die die verschiedenen Netzwerke **2**, **4** und **6** in dem AS miteinander verbinden. Alle dieser Paketvermittlungsknoten verwenden ein einziges IP-Leitweglenkungsprotokoll, von dem eine Ausführung unten in weiteren Details beschrieben wird.

[0020] Ein oder mehrere externe Gatewayrouter (EGRs, Exterior Gateway Routers) verbinden das autonome System mit anderen autonomen Systemen des globalen Internets.

[0021] Das autonome System, das in [Fig. 1](#) dargestellt ist, führt Leitweglenkung für sowohl mobile Hosts aus, deren Leitweglenkung innerhalb des AS als Resultat der Mobilität der mobilen Station verändert wird, als auch für feste, sozusagen stationäre Hosts, für die solche Änderungen der Leitweglenkung nicht auftreten.

[0022] Mobile Knoten können mit einem Randrouter über eine drahtlose Verbindung verbunden sein, in dem gezeigten Beispiel eine zelluläre Funkverbindung (ein weiterer möglicher Typ drahtloser Verbindung ist eine Infrarotverbindung), wobei ein Router einer Basisstation (BS) verwendet wird, der von einem Mobilfunknetzbetreiber bereitgestellt wird. Die zelluläre Funkverbindung kann eine Systemverbindung mit zeitlich multiplexiertem Zugang (TDMA, Time Division Multiple Access) sein, wie etwa GSM, oder eine Systemverbindung mit Zugang durch Code-Multiplex (CDMA, Code Division Multiple Access), wie etwa „CDMA 2000“. Mobile Knoten nehmen die Form von individuellen mobilen Hosts **14** und/oder mobilen Routern **16** an, an die mehrere Hosts angebunden sind, die jeweils Funkkommunikation mit einem oder mehreren (zum Beispiel in dem Fall von einem CDMA mit „weicher Übergabe (soft handover)“) der BS-Router zu irgend einem gegebenen Zeitpunkt durchführen. Ein BS-Router kann mehrere Basissender-/empfängerstationen (BTSs, Base Transceiver Stations) steuern, die zusammen mit Funkantennen angeordnet sind, um die herum individuelle „Zellen“ des zellulären Systems gebildet werden.

[0023] Die mobilen Knoten **14** und **16** bewegen sich zwischen Zellen des zellulären Mobilfunkkommunikationsnetzwerks. Wenn ein BS-Router mehrere Zellen versorgt, kann ein mobiler Knoten, der zwischen Zellen übergehen wird, damit fortfahren, Paketdaten über den selben BS-Router zu empfangen. Wenn sich jedoch ein mobiler Knoten einmal außerhalb der Reichweite eines BS-Routers bewegt, über den er seinen Dienst bezieht, kann die Übergabe an eine neue Zelle eine Änderung der Leitweglenkung innerhalb des AS erfordern. Datenpakete, die von dem

fraglichen mobilen Knoten stammen oder an ihn gerichtet sind, die unter Verwendung des Bezeichners der oder einer IP-Adresse des Knotens vor der Übergabe über einen vorgegebenen BS-Router geleitet werden, können nach der Übergabe Leitweglenkung für dieselbe IP-Adresse über einen anderen BS-Router erfordern. Ein mobiler Knoten kann an einer Kommunikationssitzung mit einem anderen Host über das AS während der Übergabe von einem BS-Router zu einem anderen teilnehmen. Weil Verbindungen auf der Transportschicht (in zum Beispiel einer TCP/IP-Verbindung) teilweise durch die IP-Adresse des mobilen Knotens definiert sind, ist es wünschenswert, dass eine solche Änderung der Leitweglenkung solchen Verbindungen ermöglicht, mit der selben IP-Adresse fortzubestehen, wenn ein mobiler Knoten Dienste von einem anderen BS-Router empfängt.

[0024] Feste Hosts können mit einem Radrouten über ein Lokalbereichsnetzwerk (LAN, Local Area Network) **10** verbunden sein, das ein Protokoll für Lokalnetzwerke verwendet, wie etwa ein Ethernet-Protokoll. Feste Hosts können auch über ein Telefonnetzwerk für öffentliche Dienste (PSTN) **12** mittels einem Netzwerkzugangsserver (NAS, Network Access Server) **20** mit einem Radrouten verbunden sein, der von einem Internet-Zugangsbieter bereitgestellt wird. Der NAS **20** weist festen Hosts, die sich mit dem NAS **20** mit einem Protokoll wie etwa PPP oder SLIP verbinden, feste IP-Adressen auf Einwahlbasis dynamisch zu und leitet die IP-Pakete, die von jedem festen Host stammen oder an ihn gerichtet sind über einen zugeordneten Radrouten. Während der NAS **20** IP-Adressen auf dynamischer Basis zuordnet, verändert sich der Radrouten, über den die Pakete für die zugewiesene IP-Adresse geleitet werden, nicht, weder während einer Sitzung über Zugang, noch langfristig. Folglich muss sich die Leitweglenkung innerhalb des autonomen Systems für keinen der festen Hosts ändern, außer wegen Faktoren innerhalb des AS, wie etwa Versagen einer Verbindung oder Verkehrsverwaltung.

[0025] Das interne Gateway-Protokoll, das einzige IP-Leitweglenkungsprotokoll, das in dem AS in dieser Ausführung nach der vorliegenden Erfindung verwendet wird, ist eine modifizierte Version des Leitweglenkungsprotokolls nach dem zeitlich geordneten Leitweglenkungsalgorithmus (TORA, Temporally Ordered Routing Algorithm), der u.a. in „A Highly Adaptive Distributed Routing Algorithm for Mobile Wireless Networks“, Vincent D. Park und M. Scott Corson, Proceedings of INFOCOM '97, 7–11 April, Kobe, Japan; und „A Performance Comparison of the Temporally-Ordered Routing Algorithm and Ideal Link-State Routing“, Vincent D. Park und M. Scott Corson, Proceedings of ISCC '98, 30. Juni–2. Juli 1999, Athen, Griechenland beschrieben ist.

[0026] Der TORA-Algorithmus für das Leitweglenkungsprotokoll wird verteilt ausgeführt, liefert schleifenfreie Leitwege, bietet mehrfache Leitweglenkung (um Stau abzumildern), baut Leitwege schnell auf (sodass sie verwendet werden können, bevor sich die Topologie verändert), und minimiert die Verwaltungskommunikation, indem er eine algorithmische Reaktionen auf topologische Veränderungen findet, wenn möglich (um verfügbaren Bandbreite zu sparen und die Skalierbarkeit zu steigern).

[0027] Der Algorithmus ist dadurch verteilt, dass Knoten nur Informationen über angrenzende Knoten speichern müssen (das heißt, Ein-Sprung-Wissen). Dies stellt sicher, dass alle Leitwege schleifenfrei sind, und liefert typischerweise Leitweglenkung mit mehreren Pfaden für alle Quelle/Ziel-Paare, die einen Leitweg brauchen. Da typischerweise mehrere Leitwege aufgebaut werden, erfordern viele topologische Veränderungen keine Aktualisierung der Leitweglenkung innerhalb des AS, da das Vorhandensein eines einzelnen Leitwegs ausreicht. Nach topologischen Veränderungen, die eine Reaktion erfordern, baut das Protokoll erneut gültige Leitwege auf.

[0028] Das TORA-Protokoll modelliert ein Netzwerk als Graph $G = (N, L)$, wobei N ein endlicher Satz von Knoten und L ein Satz von anfänglich ungerichteten Verbindungen ist. Jeder Knoten $i \in N$ hat einen eindeutigen Knotenbezeichner (ID), und jede Verbindung $(i, j) \in L$ ermöglicht Zwei-Wege-Kommunikation (das heißt Knoten, die durch eine Verbindung verbunden sind, können miteinander in beide Richtungen kommunizieren). Jede anfängliche ungerichtete Verbindung $(i, j) \in L$ kann nachfolgend einem der drei Zustände (1) ungerichtet, (2) gerichtet von Knoten i zu Knoten j , oder (3) gerichtet von Knoten j zu Knoten i zugeordnet werden. Wenn eine Verbindung $(i, j) \in L$ von Knoten i zu Knoten j gerichtet ist, wird Knoten i „stromaufwärts“ von Knoten j genannt, während Knoten j als „stromabwärts“ von Knoten i bezeichnet wird. Für jeden Knoten i sind die „Nachbarn“ von i , $N_i \in N$ als der Satz von Knoten j derart definiert, dass $(i, j) \in L$ ist. Jeder Knoten i kennt immer seine Nachbarn in dem Satz N_i .

[0029] Eine logisch separate Version des Protokolls wird für jedes Ziel ausgeführt (das zum Beispiel durch eine Host-IP-Adresse identifiziert wird), für das Leitweglenkung gebraucht wird.

[0030] Das TORA-Protokoll kann in drei Grundfunktionen unterteilt werden: Leitwege Erzeugen, Leitwege Aufrechterhalten und Leitwege Löschen. Das Erzeugen eines Leitwegs von einem vorgegebenen Knoten zu dem Ziel erfordert das Aufbauen einer Folge von gerichteten Verbindungen, die von dem Knoten zu dem Ziel führen. Das Erzeugen von Leitwegen entspricht in seinem Kern der Zuordnung von Richtungen zu Verbindungen in einem ungerichteten

Netzwerk oder einem Abschnitt des Netzwerks. Das Verfahren, das verwendet wird, um dies zu erreichen, ist ein Anfrage/Antwort-Prozess, der einen gerichteten azyklischen Graph (DAG, Directed Acyclic Graph) aufbaut, der in dem Ziel wurzelt (das heißt, das Ziel ist der einzige Knoten ohne Verbindungen stromabwärts). Ein solcher DAG kann als „zielorientierter“ DAG bezeichnet werden. Das Aufrechterhalten von Leitwegen umfasst das Reagieren auf topologische Veränderungen in dem Netzwerk, derart, dass Leitwege zu dem Ziel innerhalb einer endlichen Zeit erneut aufgebaut werden. Nach der Erfassung einer Netzwerkaufteilung werden alle Verbindungen (in dem Abschnitt des Netzwerks, der von dem Ziel abgetrennt wurde) als ungerichtet markiert, um ungültige Leitwege zu löschen.

[0031] Das Protokoll erreicht diese drei Funktionen durch die Verwendung von drei verschiedenen Steuerpaketen: Anfrage (QRY), Aktualisierung (UPD) und Löschen (CLR). QRY-Pakete werden für die Erzeugung von Leitwegen verwendet, UPD-Pakete werden sowohl für die Erzeugung als auch für das Aufrechterhalten von Leitwegen verwendet und CLR-Pakete werden für das Löschen von Leitwegen verwendet.

[0032] Zu jedem gegebenen Zeitpunkt wird jedem Knoten $i \in N$ ein geordnetes Quintupel zugeordnet, das als „Höhe“, H_i bezeichnet wird, wobei $H_i = (\tau_i, oid_i, r_i, \delta_i, i)$. Konzeptuell stellt das Quintupel, das jedem Knoten zugeordnet ist, die Höhe des Knotens dar, die durch zwei Parameter definiert ist: ein Bezugsniveau und eine Abweichung mit Bezug auf das Bezugsniveau. Das Bezugsniveau wird durch die ersten drei Werte in dem Quintupel dargestellt, während die Abweichung von den letzten zwei Werten dargestellt wird. Ein neues Bezugsniveau wird jedesmal definiert, wenn ein Knoten wegen eines Versagens seine Verbindung stromabwärts verliert. Der erste Wert, der das Bezugsniveau darstellt, τ_i , ist eine zeitliche Marke, die auf den „Zeitpunkt“ des Versagens der Verbindung gesetzt wird. Der zweite Wert, oid_i , ist die ID des Ursprungs (das heißt, die eindeutige ID des Knotens, der das neue Bezugsniveau definiert hat). Dies stellt sicher, dass die Bezugsniveaus lexikografisch vollständig geordnet werden können. Der dritte Wert, r_i , ist ein einzelnes Bit, das verwendet wird, um jedes der eindeutigen Bezugsniveaus in zwei eindeutige Unterniveaus zu unterteilen. Dieses Bit wird verwendet, um zwischen dem ursprünglichen Bezugsniveau und seinem entsprechenden, stärker überarbeiteten Bezugsniveau zu unterscheiden. Der erste Wert, der die Abweichung darstellt, δ_i , ist ein in Integer-Wert, der verwendet wird, um die Knoten bezüglich eines gemeinsamen Bezugsniveaus zu ordnen. Dieser Wert ist bei der Weiterleitung eines Bezugsniveaus dienlich. Der zweite Wert, der die Abweichung darstellt, i , ist schließlich die eindeutige ID des Knotens selbst. Dies stellt sicher, dass Knoten mit einem gemeinsamen Bezugsniveau und gleichen Werten von

δ_i (und tatsächlich alle Knoten) zu jedem Zeitpunkt vollständig lexikografisch geordnet werden können.

[0033] Jeder Knoten i (der von dem Ziel verschiedenen ist) speichert seine Höhe H_i . Am Anfang wird die Höhe von jedem Knoten in dem Netzwerk (der von dem Ziel verschieden ist) auf NULL gesetzt, $H_i = (-, -, -, -, i)$. Danach kann die Höhe von jedem Knoten i nach Regeln des Protokolls modifiziert werden. Zusätzlich zu seiner eigenen Höhe speichert jeder Knoten i in einer Datentabelle des Leitweglenkungsprotokolls Einträge zu Host-IP-Adressen, die einen bestehenden DAG in dem Netzwerk haben, wobei deren Einträge ein Höhenfeld mit einem Eintrag HN_{ij} für jeden Nachbarn $j \in N_i$ enthalten.

[0034] Jeder Knoten i (der von dem Ziel verschiedenen ist) speichert in der Datentabelle des Leitweglenkungsprotokolls auch ein Feld mit Verbindungszuständen, mit einem Eintrag LS_{ij} für jede Verbindung $(i, j) \in L$. Der Zustand der Verbindungen wird durch die Höhen H_i und HN_{ij} festgelegt und ist von dem höheren Knoten zu dem niedrigeren Knoten gerichtet. Wenn ein Nachbar j höher als ein Knoten i ist, wird die Verbindung als stromaufwärts markiert. Wenn ein Nachbar j niedriger als ein Knoten i ist, wird die Verwendung als stromabwärts markiert.

[0035] Das TORA-Protokoll wurde ursprünglich für die Verwendung in einem mobilen Ad-Hoc-Netzwerk (MANET, Mobile Ad-hoc NETwork) entworfen, in dem die Router mobil sind und über drahtlose Verbindungen miteinander verbunden sind. In dieser Ausführung der Erfindung wird jedoch ein modifiziertes TORA-Protokoll in einem autonomen System verwendet, das eine feste Infrastruktur aus festen Routern umfasst, die durch feste Verbindungen miteinander verbunden sind, wie etwa das, das in [Fig. 1](#) dargestellt ist, um Änderungen der Leitweglenkung in der festen Infrastruktur bereitzustellen, wenn ein mobiler Host seinen Anbindungspunkt an die Infrastruktur ändert.

[0036] [Fig. 26](#) stellt schematisch ein Beispiel einer Datentabelle des Leitweglenkungsprotokolls dar, die in einem Router nach dieser Ausführung gespeichert sein kann.

[0037] Zu jeder Host-IP-Adresse (oder jedem Adresspräfix im Falle eines Geamt-DAG, wie unten in weiteren Details beschrieben wird) IP1, IP2 usw., die einen DAG in dem Netzwerk hat, wird die Höhe des speichernden Knoten $H_i(IP1)$, $H_i(IP2)$ usw. gespeichert. Ebenso werden die Identität von allen angrenzenden Nachbarn, z.B. w, x, y, z, und die Höhe der Nachbarn $HN_{iw}(IP1, IP2$ usw.), $HN_{ix}(IP1, IP2$ usw.), $HN_{iy}(IP1, IP2$ usw.) und $HN_{iz}(IP1, IP2$ usw.) gespeichert. Schließlich kann das Feld für den Verbindungszustand jeder IP-Adresse (oder Präfixes) in Form von Markierungen gespeichert werden, die eine Verbin-

dung stromaufwärts (U, upstream), eine Verbindung stromabwärts (D, downstream), oder eine ungerichtete Verbindung (–) zu jeder Verbindungsidentität (L1, L2, L3, L4) anzeigen, die jedem Nachbarn entsprechen.

[0038] Das Feld mit Verbindungszuständen, das in der Datentabelle des Leitweglenkungsprotokolls gespeichert ist, ermöglicht, dass die Entscheidung über die Weiterleitung über den nächsten Sprung lokal in dem Router, der die Daten speichert, getroffen wird. Für ein ausreichend verknüpftes Netzwerk sollte jeder Router wenigstens eine Verbindung stromabwärts haben. Wenn nur eine Stromabwärtsverbindung existiert, wird diese Verbindung als die Weiterleitungsverbindung zum nächsten Sprung ausgewählt. Wenn es mehr als eine Verbindung stromabwärts gibt, kann eine optimale Verbindung stromabwärts ausgewählt werden, z.B. auf der Basis der aktuellen Verkehrslast auf den zwei Verbindungen. In jedem Fall wird die ausgewählte Verbindung in eine Datentabelle für die Weiterleitung über den nächsten Sprungs für die IP-Adresse eingegeben. Eine Weiterleitungstabelle für den nächsten Sprung, wie etwa die, die in [Fig. 27](#) dargestellt ist, wird in den Cache-Speicher für schnellen Zugriff gespeichert, da IP-Pakete, die Leitweglenkung brauchen, an dem Router ankommen. Die Tabelle speichert die ausgewählte Verbindung für die Weiterleitung über den nächsten Sprung (L1, L2 usw.) zu jeder IP-Adresse (oder Präfix) IP1, IP2 usw.

[0039] Die Verwendung einer festen Infrastruktur aus Routern und andere Aspekte der Erfindung, die unten beschrieben werden, ermöglichen die Zusammenfassung von Leitweglenkung innerhalb des AS, insbesondere für die IP-Adressen von mobilen Hosts. Nun folgt eine Kurzbeschreibung der IP-Adressierung, insbesondere, wie Präfixe variabler Länge verwendet werden, um Zusammenfassung der Leitweglenkung in einem Netzwerk mit IP-Leitweglenkung bereitzustellen.

[0040] IP-Adressen bestehen aktuell aus einer vordefinierten Anzahl (32) von Bits. IP-Adressen wurden in der Vergangenheit auf unstrukturierter Basis zugewiesen (was „flacher“ Adressierungsplan genannt wird). Klassifizierte Adressierung führte das Konzept einer Leitweglenkungshierarchie mit zwei Ebenen ein, indem Adressen in ein Netzwerkpräfix und Host-Felder unterteilt wurden. Benutzern wurden IP-Adressen entweder als Klasse A, Klasse B oder Klasse C zugeordnet, um Leitweglenkung und Verwaltung zu vereinfachen.

[0041] In Klasse A identifiziert Bit 0 Klasse A, die Bits 1–7 identifizieren das Netzwerk (126 Netzwerke), die Bits 8–31 identifizieren den Host (16 Millionen Hosts).

[0042] In Klasse B identifizieren die Bits 0–1 Klasse B, die Bits 2–15 identifizieren das Netzwerk (16.382 Netzwerke) und die Bits 16–31 identifizieren den Host (64.000 Hosts).

[0043] In Klasse C identifizieren die Bits 0–2 Klasse C, die Bits 3–23 identifizieren das Netzwerk (2.097.152 Netzwerk) und die Bits 24–31 identifizieren den Host (256 Hosts).

[0044] Eine Hierarchie mit zwei Ebenen hat immer noch eine flache Leitweglenkungshierarchie der Hosts in einem Netzwerk belassen. Zum Beispiel kann ein Adressblock der Klasse A 16 Millionen Hosts haben, was dazu führt, dass alle Router in dem Netzwerk 16 Millionen Einträge in der Leitweglenkungstabelle enthalten. Die Verwendung von Subnetzwerken wurde entwickelt, um zu ermöglichen, dass ein Adressblock eines Hosts in ein Subnetz-Feld mit variabler Länge und ein Host-Feld unterteilt wird. Dies ermöglicht Routern in einem AS, nur Einträge für Subnetzwerke in der Leitweglenkungstabelle zu behalten (die Zusammenfassung von Leitweglenkung für alle Hosts in jedem Subnetz vorausgesetzt). Eine Subnetz-Maske wird verwendet, um Routern zu ermöglichen, den Subnetz-Teil der Adresse zu identifizieren.

[0045] Nach dieser Ausführung der Erfindung wird Zusammenfassung von Leitweglenkung bereitgestellt, indem ein Host-IP-Adressblock (das heißt, eine aufeinander folgende Sequenz von IP-Adressen, die ein oder mehrere Präfixe miteinander gemeinsam haben) einem Zugangsknoten, wie etwa einem BS-Router, zugeordnet wird, und IP-Adressen aus dem Block dynamisch mobilen Hosts für die Dauer von deren Sitzungen nach Zugang zugeordnet werden. Wenn sich ein mobiler Host in dem zellulären Netzwerk nach dem Einschalten der Stromversorgung registriert, weist der BS-Router, der den Dienst bereitstellt, eine IP-Adresse zu und speichert eine Zuordnung zwischen dem Bezeichner der drahtlosen Verbindung des mobilen Hosts und der zugeordneten IP-Adresse in den Cache. Ein Leitweglenkungsplan mit Zusammenfassung, in dieser Ausführung ein zusammengefasster DAG genannt, wird innerhalb des AS vorausberechnet, bevor dem mobilen Host eine IP-Adresse zugeordnet wird. Sie wird während der Sitzung nach Zugang verwendet. Nach dem Abschalten der Stromversorgung des mobilen Hosts wird die IP-Adresse an den BS-Router zurückgegeben, der sie besitzt, der die IP-Adresse dann einem anderen mobilen Host zuweisen kann. IP-Adressen von mobilen Hosts, die von einem BS-Router zugewiesen werden, haben einen zusammengefassten DAG, bis wenigstens einer der mobilen Hosts sich weg bewegt, wobei der zusammengefasste DAG in diesem Fall an dieser Stelle verbleibt, aber von einer Leitweglenkungsaktualisierungprozedur, die für Mobilität spezifisch ist, wird eine hostspezifische Ausnahme in den

betroffenen Routern erzeugt (wobei die Aktualisierung nur die Leitweglenkung für einzelne mobile Knoten ändert, die sich weg bewegen haben).

[0046] Die Vorausberechnung von Leitwegen in einem AS für Adresspräfixe, die ein BS-Router besitzt, wird erreicht, indem der Eigentümer-BS-Router eine Aktualisierungsnachricht, die hier ein „Optimierungs“ (OPT)-Paket genannt wird, für jedes Präfix eingibt, die sich über das AS ausbreitet und von der Wirkung her die Rolle einer Präfix-Ankündigung spielt, und ebenso den zusammengefassten DAG aufbaut. Das OPT-Paket wird von dem BS-Router gesendet, der das IP-Adressen-Präfix oder die -präfixe besitzt, und der den zusammengefassten DAG steuert. Das OPT-Paket läuft zu allen anderen Knoten in dem Netzwerk (ohne Rücksicht auf ihre aktuelle Höhe (wenn gesetzt)) und setzt diese Höhen auf das „alle Null“-Bezugsniveau (zurück), das heißt, die ersten drei Werte (τ_i , oid_i , r_i) der TORA-Höhen werden alle auf Null gesetzt. Der vierte Höhenwert, δ_i , wird auf die Anzahl der Sprünge gesetzt, die von dem OPT-Paket seit der Absendung von dem BS-Router genommen wurden (dies ist ähnlich der UDP-Paket-Weiterleitung in bekannten, von der Quelle ausgelösten DAG-Erzeugungsmechanismen nach TORA). Ein Inkrement von 1 kann addiert werden, um den Sprung vom BS-Router zu dem mobilen Knoten darzustellen. Der fünfte Höhenwert, i , wird auf die ID des Knotens gesetzt.

[0047] Nachdem ein zusammengefasster DAG in dem AS existiert, hat jeder Paketweiterleitungsknoten in dem AS einen Eintrag in der Weiterleitungstabelle für den nächsten Sprung für das fragliche Präfix der IP-Adresse. Wenn ein Paket an einem Knoten ankommt, das Leitweglenkung erfordert, sucht der Knoten in seiner Weiterleitungstabelle für den nächsten Sprung nach dem Eintrag mit der längsten übereinstimmenden Adresse, auf den er die nächste Leitweglenkungsentscheidung gründet, die das nächste Präfix der IP-Adresse wird, vorausgesetzt, dass der mobile Knoten, der die IP-Adresse verwendet, sich nicht von dem Eigentümer-BS-Router weg bewegt hat. Indem zusammengefasste DAGen in dem AS bereitgestellt werden, können der Umfang der Leitweglenkungstabelle und der Leitwegverarbeitung in jedem Paketvermittlungsknoten minimiert werden.

[0048] Wenn jedoch ein mobiler Knoten auf der Ebene der drahtlosen Verbindung von dem BS-Router weg übergeben wird, von dem er zuerst Dienste in dem Netzwerk empfangen hat, wird ein Eintrag mit einer individuellen Hostadresse sowohl in der Datentabelle des Leitweglenkungsprotokolls, als auch in der Weiterleitungstabelle für den nächsten Sprung in (einer begrenzten Anzahl von) Paketvermittlungsknoten erzeugt, die von Leitweglenkungsaktualisierungen betroffen sind, die durch die Mobilität des mobilen Knotens verursacht werden. Diese Knoten fahren da-

mit fort, die entsprechenden Einträge von Adressen für zusammengefasste Leitweglenkung zu speichern, verwenden aber den Eintrag der Hostadresse zur Weiterleitung von Paketen an die IP-Adresse des mobilen Knotens Kraft der Suche nach der längsten Übereinstimmung.

[0049] Der Höhen-Wartungsalgorismus nach TORA fällt in die selbe allgemeine Klasse von Algorithmen, die ursprünglich in „Distributed Algorithms for Generating Loop-Free Routes in Networks with Frequently Changing Topology“, E. Gafni, und D. Bertsekas, IEEE Trans. Commun., Jan. 1991 definiert wurde. Innerhalb dieser Klasse kann ein Knoten seiner Höhe nur „steigern“; er kann sie niemals verringern. In dieser Ausführung der vorliegenden Erfindung wird jedoch eine algorithmische Modifikation geschaffen, um sicherzustellen, dass das Weiterleitungsverhalten eines Knotens nach einer Übergabe zwischen BS-Routern derart ist, dass, wenn mehrere Schnittstellen in der Leitweglenkung zu benachbarten Knoten existieren, er Pakete über eine Schnittstelle in der Leitweglenkung zu einem benachbarten Knoten weiterleitet, von dem eine Aktualisierung der Leitweglenkung mit Bezug auf die Mobilität zuletzt empfangen wurde. Dem Zeitwert τ in dem Höhen-Quintupel (τ_i , oid_i , r_i , δ_i , i), das in der Datentabelle des Leitweglenkungsprotokolls des Routers als ein Eintrag zu der IP-Adresse des mobilen Knotens gespeichert ist, und dem fraglichen Nachbar wird erlaubt, „negativ“ zu werden, das heißt, kleiner als Null zu werden, um anzudeuten, dass eine Aktualisierung mit Bezug auf die Mobilität aufgetreten ist, und die Größe des negativen Zeitwerts τ steigt für jedes Auftreten einer mobilitätsbezogenen Aktualisierung der Leitweglenkung für eine gegebene IP-Adresse. Folglich wird die letzte mobilitätsbezogene Aktualisierung durch den größeren negativen Zeitwert τ angezeigt. Es sei angemerkt, dass, während mobilitätsbezogene Aktualisierungen der Leitweglenkung durch einen negativen Zeitwert τ unterschieden werden, auch andere Indikatoren verwendet werden können, wie etwa ein Ein-Bit-Flag, um den negativen Flag zu ersetzen.

[0050] Wenn ein mobiler Knoten die Zugehörigkeit zu einem BS-Routers ändert, verringert er seinen Höhenwert, indem er den Zeitwert τ verringert, z.B. durch einen Integer-Wert, und der neue Wert wird durch eine begrenzte Anzahl von Knoten in dem AS als Teil einer von Mobilität ausgelösten Aktualisierung des DAG weitergeleitet, der der IP-Adresse des mobilen Knotens zugeordnet ist, was in weiteren Details unten beschrieben wird. Ein Knoten mit mehreren Nachbarn stromabwärts lenkt den Leitweg auf die zuletzt aktivierte Verbindung stromabwärts. Diese Höhen sind immer noch vollständig geordnet (folglich wird die Schleifenfreiheit der Leitweglenkung beibehalten).

[0051] Ein weiterer Aspekt dieser Ausführung der Erfindung ist, dass während einer Übergabe eines mobilen Knotens auf der Ebene der drahtlosen Verbindung ein zeitweiliger kurzfristiger Tunnelmechanismus bereitgestellt wird, durch den Datenpakete, die an dem BS-Router ankommen, von dem der mobile Knoten übergeben wird, an den BS-Router weitergeleitet werden können, an den der mobile Knoten übergeben wird. Das Tunneln in einem Netzwerk mit Vermittlung für IP-Pakete kann durch Verkapselung der Datenpakete mit einem neuen IP-Kopf (der an die IP-Adresse des neuen BS-Routers adressiert ist) erreicht werden, was „IP-in-IP-Tunneln“ genannt wird. In dem neuen BS-Router wird das Paket entkapselt und über die drahtlose Verbindung zu dem mobilen Knoten weitergeleitet. Der Aufbau des Tunnels, die Signalisierungs- und die Authentifizierungsmechanismen können die sein, die bei „Mobilem IP“ verwendet werden, wie sie unter anderem in „IP Mobility Support“, C. Perkins, Hrsg., 1ETF RFC 2002, Oktober 1996 beschrieben sind. Wenn alle BS-Router „Mobiles IP“ verarbeiten können, kann „Mobiles IP“ auch verwendet werden, um Paketweiterleitung zu mobilen Knoten zu ermöglichen, die sich zu einem anderen AS bewegen. Andere mögliche Tunnelprotokolle umfassen UDP-Tunneln (wobei ankommenden Paketen ein UDP-Kopf hinzugefügt wird), GRE-Tunneln (ein Cisco(Handelsmarke)-Protokoll), Ebene 2-Tunnelprotokoll (L2TP, Layer 2 tunneling protocol) und verhandelte oder konfigurierte IPSEC-Tunnelmodi.

[0052] Wenn ein mobiler Knoten von einem BS-Router übergeben werden soll, interagiert dieser BS-Router mit dem neuen BS-Router, an dem der mobile Knoten übergeben werden soll, um folgende Schritte zu unternehmen:

- Einen unidirektionalen Tunnel zu dem neuen BS-Router vorbereiten, sodass Pakete zu dem mobilen Knoten weitergeleitet werden können, nachdem die drahtlose Verbindung zwischen dem alten BS-Router und dem mobilen Knoten verloren wird. Der Tunnel kann vorbereitet werden, indem er entlang einem zuvor bestehenden Tunnel zwischen den BS-Routern oder einem hostspezifischen Tunnel, der über Mechanismen des mobilen IP ausgehandelt wird, geplant wird.
- Übergeben des mobilen Knotens auf der Ebene der drahtlosen Verbindung.
- Verbreiten einer Aktualisierung der Leitweglenkung für die IP-Adresse des mobilen Knotens (oder Adressen, im Fall eines mobilen Routers) von dem neuen BS-Router aus.
- Weiterleiten von Datenpaketen, die an die IP-Adresse des mobilen Knotens gerichtet sind und an dem alten BS-Router ankommen, durch eine Tunnelverbindung zu dem neuen BS-Router.
- Aktualisieren der ungültigen Leitweglenkung zu dem alten BS-Router.
- Auflösen des Tunnels, wenn er hostspezifisch

ist, oder Entfernen des hostspezifischen Zustands in einem zuvor bestehenden Tunnel nach dem Neuaufbau der Leitweglenkung.

[0053] Vor der Übergabe werden alle Pakete direkt an den mobilen Knoten über einen Leitweg oder Leitwege in der Infrastruktur geleitet, die durch den alten BS-Router laufen. Nach dem Neuaufbau der Leitweglenkung werden alle Pakete direkt zu dem mobilen Knoten über einen Leitweg oder Leitwege der Infrastruktur geleitet, die über den neuen BS-Router laufen.

[0054] Wenn dem neuen BS-Router Übergabe signalisiert wird (entweder von dem alten BS-Router als Teil des Tunnelaufbaus, oder von dem mobilen Knoten über eine mobil unterstützte Übergabe) erzeugt der neue BS-Router eine gerichtete Aktualisierungsnachricht für die Leitweglenkung, die per Einzelsendung mit dem bestehenden DAG für die IP-Adresse des mobilen Knotens (die an den alten BS-Router gerichtet bleibt) an den alten BS-Router gesendet wird. Diese Aktualisierung modifiziert selektiv den DAG des mobilen Knotens entlang dem umgekehrten Pfad über die jeweils niedrigeren Nachbarn (ein näherungsweise kürzester Pfad) zu dem alten BS-Router. Am Ende dieser Aktualisierung hat der alte BS-Router eine neue Verbindung stromabwärts in dem DAG für die IP-Adresse des mobilen Knotens, nachdem der mobile Knoten über die Ebene der Funkverbindung übergeben wurde. Ein Übergangs-Router empfängt während des Aktualisierungsprozesses die gerichtete Aktualisierung per Einzelsendung, wobei zu diesem Zeitpunkt ein bestehender Datenfluss zu dem neuen BS-Router des mobilen Knotens umgelenkt wird.

[0055] Diese Aktualisierungsprozedur hängt nicht von der Topologie ab, und wird unabhängig von dem topologischen Abstand zwischen dem neuen und dem alten BS-Router eingesetzt (der in Abhängigkeit der relativen Positionen der BS-Router wesentlich variieren kann).

[0056] Der kurzfristige Tunnel vermeidet den Verlust von Paketen in dem Fall, dass die Leitweglenkung zu dem neuen BS-Router zu dem Zeitpunkt, zu dem die Funkverbindung zu dem alten BS-Router verloren geht, nicht aufgebaut ist, und kein signifikanter Umfang von Zwischenspeicherung an dem alten BS-Router durchgeführt wird.

[0057] Die Verwendung eines kurzfristigen Tunnels muss nichtsdestotrotz in Abhängigkeit von der relativen Ordnung der zwei folgenden Ereignisse nicht immer erforderlich sein:

- Verlust der Funkverbindung des BS-Routers zum mobilen Knoten an dem alten BS-Router und
- Ankunft der gerichteten Aktualisierung der Leitweglenkung an dem alten BS-Router.

[0058] Wenn die Aktualisierung der Leitweglenkung ankommt, bevor die alte Funkverbindung verloren geht, ist der Tunnel nicht erforderlich, da wegen der neuen Leitweglenkung keine weiteren Datenpakete an dem alten BS-Router ankommen (vorausgesetzt, Steuerung und Datenpakete haben gleiche Priorität in Warteschleifen und bei der Verarbeitung; wenn nicht, dann können Datenpakete, die schon in einer Warteschleife stehen, nach der Aktualisierung der Leitweglenkung immer noch ankommen) und alle Datenpakete aus der Vergangenheit sind über die alte drahtlose Verbindung an den mobilen Knoten weitergeleitet worden. Wenn kein Tunnel erforderlich ist, kann die vorzeitige Auslösung einer TORA-Aktualisierung an dem alten BS-Router wegen eines Verlustes aller Verbindungen stromabwärts, wenn die alte Funkverbindung verloren geht, verhindert werden, indem eine virtuelle Verbindung stromabwärts an den alten BS-Router gekennzeichnet wird, bis die Leitweglenkung neu aufgebaut ist. Folglich kann die Unterdrückung der Leitweglenkung an den BS-Router rein durch Signalisierung erreicht werden.

[0059] Unterdrückung der Leitweglenkung rein durch Signalisierung kann auch verwendet werden, wenn der alte BS-Router als Zwischenspeicher arbeitet, zum Beispiel als ein transparenter Zwischenspeicher, der dem alten BS-Router ermöglicht, relativ große Datenmengen zu speichern, bis die Leitweglenkung neu aufgebaut ist, und die Daten zurückzuübertragen, sobald die Leitweglenkung neu aufgebaut ist.

[0060] Wenn wie oben erwähnt ein mobiler Knoten seine Sitzung mit Zugang beendet, kann die Leitweglenkung für die IP-Adresse des mobilen Knotens an den BS-Router, von dem sie stammt, zurückgegeben werden, zum Beispiel den Heimat-Router der IP-Adresse. Um das Ziel des DAG effektiv auf den Heimat-BS-Router zurückzusetzen, wird ein Mechanismus bereitgestellt, der die Teilnahme von nur einer begrenzten Anzahl von Knoten in dem AS erfordert.

[0061] Wenn ein mobiler Knoten seine Sitzung mit Zugang beendet, kontaktiert der aktuelle BS-Router den Heimat-BS-Router der IP-Adresse und leitet die Übertragung des Ziels des DAG auf den Heimat-BS-Router ein. Eine Tunnelverbindung kann wiederum als Unterdrückungsmechanismus verwendet werden, um die Einleitung der Aktualisierung einer Leitweglenkung an dem aktuellen BS-Router zu unterdrücken, oder, einfacher, kann eine virtuelle Verbindung (eine Markierung der Verbindung stromabwärts an dem aktuellen BS-Router nicht als funktionierend) verwendet werden, wenn keine Daten weitergeleitet werden müssen. Der aktuelle BS-Router baut eine Tunnelverbindung oder eine virtuelle Verbindung stromabwärts auf, die an den Heimat-BS-Router gerichtet ist. Als Reaktion erzeugt der Heimat-BS-Router eine gerichtete „Wiederherstellen“-Aktualisierung, die in Richtung des aktuellen

BS-Router gesendet wird, wobei der bestehende DAG für die IP-Adresse des mobilen Knotens verwendet wird (die an den aktuellen BS-Router gerichtet bleibt). Diese Aktualisierung löscht alle hostspezifischen Einträge der Datentabelle des Leitweglenkungsprotokolls und die Einträge der Weiterleitungstabellen für den nächsten Sprung, die von den vorangegangenen Bewegungen des mobilen Knotens erzeugt wurden, um den vorausberechneten Gesamt-DAG als aktiven Leitweglenkungsplan für die IP-Adresse des mobilen Knotens wiederherzustellen. Die Aktualisierung läuft über den Pfad, der zuvor von Leitweglenkungsaktualisierungen erzeugt wurde, die von den Bewegungen des mobilen Knotens in der Vergangenheit verursacht wurden. Der Satz von negativen Höhenwerten, die die mobilitätsspezifischen Aktualisierungen erzeugt haben, wird folglich gelöscht, und der Gesamt-DAG mit seinem „alle-null“-Bezugsniveau (unter der Annahme, dass es kein Versagen im Netzwerk gegeben hat, das die Erzeugung neuer Höhen und Umkehrungen verursacht hat) wird reaktiviert. Die Tunnelverbindung oder die virtuelle Verbindung können bis zum Empfang der Wiederherstellungsaktualisierung an dem aktuellen BS-Router aufrechterhalten werden, wobei zu diesem Zeitpunkt entweder der Tunnel aufgelöst oder die virtuelle Verbindung entfernt wird.

[0062] Der mobile Knoten oder ein BS-Router, der im Auftrag des mobilen Knotens arbeitet, kann periodisch oder auf die Erfassung eines Auslösungsereignisses hin den DAG für eine IP-Adresse mit einem TORA-Aktualisierungsmechanismus mit „alle-null“-Bezugsniveaus neu initialisieren, wodurch alle mobilitätsbezogenen Tabelleneinträge für den DAG entfernt werden. „Alle-null“-Bezugsniveaus, die auf diese Weise verbreitet werden, haben Vorrang vor allen anderen Höhenwerten (sowohl positive als auch negative) und können durch das AS laufen (eine AS-weite Reoptimierung des DAG). Dies stellt einen Mechanismus für soft-state Leitweglenkungswartung zur Verfügung, die die mobilitätsbezogenen Aktualisierungsmechanismen übergeht.

[0063] Eine detaillierte Erklärung der Übergabe zwischen BS auf der drahtlosen Verbindungsebene und Leitweglenkungsaktualisierungen innerhalb der festen Infrastruktur eines AS werden nun mit Bezug auf die [Fig. 2](#) bis [Fig. 11](#) beschrieben. Ein weiteres Beispiel ist mit Bezug auf die [Fig. 12](#) bis [Fig. 16](#) beschrieben. Schließlich wird ein detailliertes Beispiel der Wiederherstellung der Leitweglenkung zu einem Heimat-BS nach der Beendigung einer Zugangssitzung eines mobilen Hosts mit Bezug auf die [Fig. 17](#) bis [Fig. 25](#) beschrieben. In jedem der Höhen-Quintupel nach TORA, die in den [Fig. 2](#) bis [Fig. 25](#) dargestellt sind, ist der Einfachheit halber für ID des Knotens die Bezugsnummer i gezeigt. Es ist jedoch klar, dass dieser Wert für jeden Knoten verschieden ist, um den Knoten eindeutig innerhalb des AS zu identi-

fizieren. Es sei auch angemerkt, dass aus Gründen der Vereinfachung nur ein Teil des AS dargestellt ist.

[0064] In allen folgenden Beispielen enthält das AS mehrere feste Kernrouter (CR1, CR2 ... (core router)), mehrere feste Zwischenrouter (IR1, IR2 ... (intermediate router)) und mehrere feste Randrouter (ER1, ER2 ... (edge router)), die entsprechend ihrer relativen Nähe zum topologischen „Rand“ der festen Infrastruktur klassifiziert sind. Die Kernrouter können dazu eingerichtet sein, höhere Verkehrsaufkommen als die Zwischenrouter zu bearbeiten, und die Zwischenrouter können wiederum dazu eingerichtet sein, höhere Verkehrsaufkommen als die Randrouter zu bearbeiten. Die Kernrouter können zum Beispiel nationalen Verkehr, die Zwischenrouter regionalen Verkehr und die Randrouter subregionalen Verkehr bearbeiten.

[0065] Paketvermittlungsrouter sind zusammen angeordnet und funktionell mit Funkbasisstationen kombiniert, und die kombinierte Einheit wird hier Zugangsknoten (BS1, BS2 ...) genannt, obwohl klar sein sollte, dass der Begriff „Zugangsknoten“ nicht auf einen Leitweglenkungsknoten begrenzt sein soll, der drahtlose BS-Funktionalität enthält. Ein „Zugangsknoten“ kann zum Beispiel mit einem Knoten bereitgestellt werden, der topologisch einen Abstand von einem BS hat.

[0066] Im Fall von allen unten beschriebenen Beispielen ist die Richtung der Leitweglenkung von Sprung zu Sprung an den Schnittstellen durch Pfeile angezeigt, die entlang Verbindungen zwischen Knoten des Netzwerks und zwischen Zugangsknoten und mobilen Knoten (wobei diese Verbindungen eine drahtlose Verbindung enthalten) eingezeichnet sind. Der verteilte Leitweglenkungsplan hat die Form eines TORA-DAG, der an einen einzelnen empfangenden mobilen Host, MH2, gerichtet ist. Bevor der mobile Host MH2 eine Sitzung mit Zugang beginnt und dynamisch eine IP-Adresse zugeordnet bekommt, existiert ein vorab berechneter und zusammengefasster DAG für die IP-Adresse innerhalb des AS, der als eine AS-weite Aktualisierung von dem Zugangsknoten, der die IP-Adresse zugeordnet hat, verbreitet wird, dem Knoten BS2. In dem [Fig. 2](#) bis [Fig. 25](#) sind die Knoten, die an den Leitweglenkungsaktualisierungen oder der Paketweiterleitung beteiligt sind, mit ihrem Quintupel der TORA-Höhe (τ , oid_i , r_i , δ_i , i) markiert. Wie oben beschrieben wird diese TORA-Höhe auch in der Datentabelle des Leitweglenkungsprotokolls jedes Nachbarknotens gespeichert, wobei sie von dem Knoten bekannt gemacht wird, der diese Höhe hat.

[0067] Wenn sich der mobile Host bei dem Heimatzugangsknoten BS2 registriert, speichert der Heimatzugangsknoten die Identität des mobilen Hosts auf der Ebene der drahtlosen Verbindung mit der zuge-

ordneten IP-Adresse in einen Zwischenspeicher, was folglich einen mobilfunkspezifischen Eintrag in einer Leitweglenkungstabelle bildet, die in dem Knoten BS2 gespeichert ist.

[0068] [Fig. 2](#) stellt eine beispielhafte Kommunikationssitzung (z.B. eine TCP/IP-Verbindung) dar, die zwischen dem mobilen Knoten MH2 und einem weiteren Host auftritt, in diesem Fall einem mobilen Host, MH1. In den folgenden Beispielen tritt die Mobilität des entsprechenden mobilen Hosts MH1 nicht auf, obwohl eine solche Mobilität unter Verwendung der selben Funktionalität möglich ist, die in Bezug auf die Mobilität von dem Knoten MH2 beschrieben werden soll. Eine ähnliche Kommunikationssitzung kann auch mit einem entsprechenden festen Host durchgeführt werden. Insbesondere existiert ein separater DAG innerhalb des AS, der in Richtung des Knotens MH1 gerichtet ist, wobei Datenpakete, die von dem Knoten MH2 stammen, zu dem Knoten MH1 geleitet werden. Da dieser DAG, der auf den Knoten MH1 gerichtet ist, sich nicht ändert, und die Leitweglenkung in Richtung des Knotens MH1 von jedem Zugangsknoten aus existiert, mit dem der Knoten MH2 verbunden ist, wird keine weitere Beschreibung der Leitweglenkung in Richtung des Knotens MH1 gemacht.

[0069] Datenpakete, die von dem Knoten MH1 stammen und an den Knoten MH2 gerichtet sind, werden zu Beginn über seinen Gesamt-DAG zu dem Heimatzugangsknoten BS2 geleitet, z.B. über feste Knoten BS1, ER1, IR1 und ER2, wie in [Fig. 2](#) gezeigt ist.

[0070] Nun kann mit Bezug auf [Fig. 3](#) eine Übergabeentscheidung zwischen BS auf der Ebene der drahtlosen Verbindung entweder von dem Knoten MH2 selbst oder von dem Knoten BS2 getroffen werden. Im Falle einer Übergabe, die von dem mobilen Knoten ausgelöst wurde, kann die Entscheidung auf Basis eines Vergleichs der Qualität der Funkverbindungen getroffen werden, das heißt, zwischen den Signalen, die von den Knoten BS2 und BS3 empfangen werden. Wenn sich der mobile Knoten MH2 bewegt, kann sich das Signal, das von dem Zugangsknoten BS3 empfangen wird, verbessern, während sich das Signal, das von dem Zugangsknoten BS2 empfangen wird, verschlechtert, und bei einem Ereignis an einer Entscheidungsschwelle reagiert der mobile Host, indem er eine Übergabe zwischen den Knoten BS2 und BS3 auslöst. Im Falle einer Übergabeentscheidung, die an dem Knoten BS2 getroffen wird, kann die Entscheidung auf Basis anderer Überlegungen getroffen werden, wie etwa Verkehrslast. In einem solchen Fall sendet der Zugangsknoten BS2 eine Übergabeanweisung an den Knoten MH2.

[0071] Unabhängig davon, ob die Übergabe zwischen BS von dem mobilen Knoten MH2 oder dem Heimatzugangsknoten BS2 ausgelöst wird, wählt der

mobile Knoten MH2 einen neuen Zugangsknoten BS3 und sendet ein Tunneleinleitungs(TIN, tunnel initiation)paket an den Heimatzugangsknoten BS2. Das TIN-Paket enthält die IP-Adresse des neuen Zugangsknoten BS3, die der mobile Knoten aus einem Leuchtfeuer-Kanal liest, der von dem Zugangsknoten BS3 gesendet wird. Der mobile Knoten MH2 berechnet auch eine neue Höhe, indem er den Zeitwert τ von seiner Höhe um einen negativen Wert, -1 (der eine erste mobilitätsbezogene Leitweglenkungsaktualisierung fern von dem Heimatzugangsknoten BS2 anzeigt), verringert, und diesen in das TIN-Paket einschließt.

[0072] Wenn der Heimatzugangsknoten BS2 nun mit Bezug auf [Fig. 4](#) das TIN-Paket von den mobilen Knoten MH2 empfängt, baut der Heimatzugangsknoten BS2 eine kurzfristige IP-in-IP-Tunnelverbindung in Richtung des neuen Zugangsknoten BS3 auf. Der Heimatzugangsknoten BS2 trägt die Tunnelschnittstelle zu BS3 in seine Leitweglenkungstabelle ein, wobei die TORA-Höhe des neuen Zugangsknotens BS3 gleich $(-1, 0, 0, 1, i)$ gesetzt wird, um sicherzustellen, dass die Tunnelschnittstelle als eine Verbindung stromabwärts für Datenpaketweiterleitung während des Restes der Übergabeprozedur markiert wird.

[0073] Wenn die kurzfristige Tunnelverbindung von dem Heimatzugangsknoten BS2 zu dem neuen Zugangsknoten BS2 aufgebaut wurde, leitet der Heimatzugangsknoten BS2 das TIN-Paket, das er von dem mobilen Knoten MH2 empfangen hat, an den neuen Zugangsknoten BS3 über die Tunnelschnittstelle weiter.

[0074] In dem vorliegenden Beispiel ist das Wesen des verwendeten Funkverbindungssystems derart, dass es dem mobilen Knoten MH2 (wie in zellulären CDMA-Funksystemen, die weiche Übergabe ermöglichen) möglich ist, über zwei Funkverbindungen mit jedem der Zugangsknoten BS2 und BS3 während der Übergabe zu kommunizieren. Folglich baut der mobile Knoten MH2 als nächstes eine zweite Funkverbindungen mit dem neuen Zugangsknoten BS3 auf, und in dem Knoten BS3 wird ein Eintrag in die Leitweglenkungstabelle gemacht, der eine Verbindung stromabwärts in Richtung des mobilen Knotens MH2 angibt.

[0075] Der neue Zugangsknoten BS3 erzeugt eine gerichtete Aktualisierung per Einzelsendung (UUPD, unicast-directed update) und sendet das Paket zu seinem Nachbarknoten in der festen Infrastruktur, Knoten ER3. Das UUPD-Paket soll entlang einem Pfad für Einzelsendung zwischen dem neuen Zugangsknoten BS3 und dem Heimatzugangsknoten BS3 laufen, wobei es die Einträge in den Datentabellen des Leitweglenkungsprotokolls aktualisiert, und folglich auch in wenigstens in einigen Weiterleitungstabellen für den nächsten Sprung von allen Knoten

entlang des Aktualisierungspfades, und allen Knoten, die unmittelbar an die Knoten entlang des Pfades angrenzen (die Knoten entlang dem Pfad senden eine Ankündigung ihrer neuen Höhen an jeden unmittelbar benachbarten Knoten, wobei die Weiterleitung der Bekanntmachung auf einen Sprung begrenzt ist).

[0076] Nachdem der Mobile MH2 nun mit Bezug auf [Fig. 6](#) eine neue drahtlose Verbindung mit dem neuen Zugangsknoten BS3 aufgebaut hat, wird die alte drahtlose Verbindung zu dem Heimatzugangsknoten BS2 aufgelöst. Datenpakete, die an den mobilen Knoten MH2 gerichtet sind, die an dem Heimatzugangsknoten BS2 ankommen, werden an den neuen Zugangsknoten BS3 über den kurzfristigen Tunnel weitergeleitet, und über die neue drahtlose Verbindung weiter zu dem mobilen Knoten MH2.

[0077] Obwohl die alte Funkverbindung nun verlorengeht, wird noch keine Leitweglenkungsaktualisierung an dem Heimatzugangsknoten BS2 ausgelöst (wie es sonst nach dem TORA-Protokoll geschehen würde), da eine verbleibende Verbindung stromabwärts entlang des Tunnels besteht, der zwischen dem Heimatzugangsknoten BS2 und dem neuen Zugangsknoten BS3 aufgebaut wurde. Folglich bleibt die Leitweglenkung in Richtung des Heimatzugangsknoten BS2 aufgebaut, bis die Leitweglenkungsaktualisierung, die von dem neuen Zugangsknoten BS3 ausgelöst wird, an dem Heimatzugangsknoten BS2 ankommt. Wie in [Fig. 6](#) gezeigt ist, wird das UUPD-Paket von dem ersten Knoten ER3, der das UUPD-Paket empfängt, der auch seine Höhe mit dem negativen Zeitwert τ aktualisiert, der der Mobilitätsaktualisierung (-1) zugeordnet ist, zu dem Knoten IR2 weitergeleitet. Der Knoten IR2 aktualisiert wiederum seine Höhe mit dem negativen Zeitwert τ , der der mobilitätsbezogenen Aktualisierung zugeordnet ist. Jeder Knoten entlang des Leitwegs für die Aktualisierung der Leitweglenkung per Einzelsendung inkrementiert außerdem seinen δ -Wert in dem Quintupel der TORA-Höhe um eins für jeden Sprung des UUPD-Pakets für die Leitweglenkungsaktualisierung, sodass der δ -Wert die Anzahl von Sprüngen zu dem mobilen Knoten über den neuen Zugangsknoten BS3 statt der δ -Werte der vorhergehenden Einträge in die Leitweglenkungstabelle darstellt, die die Anzahl von Sprüngen zu dem mobilen Knoten über den Heimatzugangsknoten BS2 angezeigt haben. Jede Verbindung entlang des Leitweg für die gerichteten Aktualisierungen per Einzelsendung wird folglich wiederum in Richtung des neuen Zugangsknotens BS3 gerichtet.

[0078] Das UUPD-Paket wird nun mit Bezug auf [Fig. 7](#) als nächstes zu dem nachfolgenden Knoten, dem Knoten ER2, entlang des Aktualisierungsleitwegs für Einzelsendung weitergeleitet. Knoten ER2 ist ein Router, der den Übergangspunkt zwischen dem verfolgten Leitweglenkungspfad von dem sen-

denden Knoten MH1 zu dem Heimatzugangsknoten BS2 und dem Leitweglenkungspfad markiert, dem Pakete folgen, die von dem Knoten MH1 zu dem neuen Zugangsknoten BS3 gesendet werden (wobei der Leitweglenkungspfad aufgebaut ist). Nachdem wie in [Fig. 8](#) gezeigt die Einträge in die Datentabellen des Leitweglenkungsprotokolls in dem Knoten ER2 nach dem Empfang der UUPD-Pakete aktualisiert sind, hat der Übergangsknoten ER2 zwei Verbindungen stromabwärts, eine in Richtung des Heimatzugangsknotens BS2 und eine in Richtung des neuen Zugangsknotens BS3. Weil jedoch die Verbindung stromabwärts in Richtung des neuen Zugangsknotens BS3 einen negativen Zeitwert τ aufweist, der eine (neuste) mobilitätsbezogene Aktualisierung anzeigt, wird die Verbindung stromabwärts in Richtung des neuen Zugangsknotens BS2 vorzugsweise als die Verbindung zur Weiterleitung zum nächsten Sprung ausgewählt. Datenpakete, die an dem Knoten ER2 ankommen, die an den mobilen Haus MH2 gerichtet sind, werden zu dem Knoten IR2 entlang des Leitweglenkungspfades zu dem neuen Zugangsknoten BS3 weitergeleitet. Nach der Verzweigung des Leitweglenkungspfades an dem Übergangsrouter werden keine weiteren Datenpakete zu BS2 weitergeleitet, und es werden keine weiteren Datenpakete durch die Tunnelschnittstelle zwischen dem Knoten BS2 und dem Knoten BS3 geleitet. Die Tunnelschnittstelle bleibt jedoch für die Zeitdauer installiert, für die sie an dem Heimatzugangsknoten BS2 ist, um sicherzustellen, dass von dem Heimatzugangsknoten BS2 keine Leitweglenkungsaktualisierung erzeugt wird (wegen Verlustes aller seiner Verbindungen stromabwärts), bis das UUPD-Paket an dem Heimatzugangsknoten BS2 ankommt. Nach der Ankunft des UUPD-Paketes an dem Heimatzugangsknoten BS2 werden die Einträge für den Tunnelzustand in der Leitweglenkungstabelle von BS2 entfernt, wodurch die Tunnelschnittstelle für MH2 entfernt wird.

[0079] Es sei nun mit Bezug auf [Fig. 9](#) angemerkt, dass die Höhe des Heimatzugangsknoten BS2 bei Empfang des UUPD-Paketes nicht neu definiert wird (die Richtung der Verbindung zwischen dem Knoten BS2 und ER2 wird jedoch wegen des negativen Zeitwertes τ umgekehrt, der durch die Höhe des Knotens ER2 definiert ist, was folglich anderen mobilen Hosts, die Dienste über BS2 empfangen, ermöglicht, Pakete zu MH2 zu senden), da der Heimatzugangsknoten BS2 das Ende des Aktualisierungspfades per Einzelsendung bildet.

[0080] Nach dem Empfang der UUPD-Nachricht kann der Heimatzugangsknoten BS2 schließlich eine Aktualisierung-beendet-Bestätigung (UUPD-Ack, UUPD-Bestätigung) in Richtung des neuen Zugangsknotens BS3 senden. Das UUPD-Ack-Paket folgt dem Leitweglenkungspfad, der durch Aktualisierung per Einzelsendung aufgebaut wurde, in dem DAG in

Richtung des neuen Zugangsknotens BS3. Nach dem Senden des UUPD-Ack-Paketes gibt der alte Zugangsknoten BS2 die zeitweilige Steuerung des DAG für die IP-Adresse auf, die er ursprünglich dem mobilen Knoten MH2 zugeordnet hat. Nach dem Empfang des UUPD-Ack-Paketes übernimmt der neue Zugangsknoten BS3 die zeitweilige Steuerung des DAG für die IP-Adresse des mobilen Knotens.

[0081] Die Aktualisierung der Leitweglenkung, die mit der Übergabe zwischen BS der mobilen Stationen auf der Funkverbindungsebene verbunden ist, ist nun abgeschlossen, wobei sie die Neudefinition der Höhe von nur einer begrenzten Anzahl von Knoten entlang des Aktualisierungspfades mit Einzelsendung beinhaltet (in dem Beispiel, das in [Fig. 9](#) gezeigt ist, nur fünf Knoten). Darüber hinaus ist die Aktualisierung von Einträgen in die Datentabelle des Leitweglenkungsprotokolls auch begrenzt, wobei solche Aktualisierungen nur in den Knoten, die die UUPD-Nachricht empfangen, und in den unmittelbar angrenzenden Knoten erforderlich sind (die eine Bekanntmachung der neuen Höhen empfangen und die neuen Höhen in ihren Leitweglenkungstabellen speichern). In dem Beispiel, das in [Fig. 9](#) gezeigt ist, werden die Aktualisierungen der Datentabellen des Leitweglenkungsprotokolls auch in jedem der Knoten IR1, CR1, CR2 und CR3 durchgeführt.

[0082] Die [Fig. 10](#) und [Fig. 11](#) zeigen den Zustand des DAG in dem AS vor und nach einer anschließenden mobilitätsbezogenen Aktualisierung. In diesem Fall wird der mobile Knoten MH2 von dem Zugangsknoten BS3, an den der mobile Knoten zuvor von den Zugangsknoten BS2 übergeben wurde, an einen weiteren Zugangsknoten BS4 übergeben. Die eingesetzte Prozedur ist dieselbe, wie die, die in Bezug auf die mobilitätsbezogene Aktualisierung beschrieben wurde, die von der ersten Übergabe des mobilen Knotens von dem Zugangsknoten BS2 an den Zugangsknoten BS2 ausgelöst wurde, außer, dass die neue Höhe, die von der Aktualisierung per Einzelsendung erzeugt wird, die von dem neuen Zugangsknoten BS4 gesendet wird, eine weitere Implementierung des negativen Zeitwerts τ enthält (dessen Größe um -2 erhöht wird), um die mobilitätsbezogen aktualisierten Höhen, die von dem zweiten Auftreten von Mobilität verursacht sind, von den mobilitätsbezogen aktualisierten Höhen von dem ersten Auftreten von Mobilität (die einen Zeitwert τ von -1 aufweisen), und die mobilitätsbezogen aktualisierten Höhen von den Höhen zu unterscheiden, die in dem zuvor berechneten DAG zugeordnet wurden (die einen Zeitwert von 0 aufweisen). Wie in [Fig. 1](#) gezeigt ist haben die Knoten, die an der neuen Aktualisierung beteiligt sind, zu Anfang Höhen, die einen Zeitwert τ von 0 haben, was anzeigt, dass die Höhen so sind, wie sie in dem zuvor berechneten DAG definiert wurden.

[0083] Ein weiteres Beispiel der mobilitätsbezoge-

nen Leitweglenkungsaktualisierung, bei der der mobile Knoten (wie in einem zellulären GSM-Funksystem) nur über eine einzelne Funkverbindung zu einer bestimmten Zeit kommunizieren kann, wird nun mit Bezug auf die [Fig. 12](#) bis [Fig. 16](#) beschrieben. In diesem Fall sind die Schritte, die mit Bezug auf die [Fig. 2](#) bis [Fig. 4](#) in dem vorangehenden Beispiel beschrieben wurden, identisch. Wie in [Fig. 5](#) gezeigt, wird das UUPD-Paket, das von dem neuen Zugangsknoten BS3 gesendet wird, als Reaktion auf den Empfang eines TIN-Paketes über die Tunnelschnittstelle erzeugt.

[0084] Mit Bezug auf [Fig. 13](#) verliert nun der mobile Knoten MH2 zuerst seine Funkverbindung mit dem Heimatzugangsknoten BS2, und eine kurze Zeitdauer vergeht (um die Neusynchronisierung mit dem neuen Zugangsknoten BS3 auf der Funkverbindung zu ermöglichen, usw.), bevor die neue Funkverbindung mit dem neuen Zugangsknoten aufgebaut werden kann. Während der Zeitdauer, während der der mobile Knoten MH2 keine Funkverbindung hat, werden Pakete, die an dem Heimatzugangsknoten BS2 ankommen, von der Tunnelschnittstelle von dem Heimatzugangsknoten BS2 weitergeleitet und an dem neuen Zugangsknoten BS3 in eine Warteschlange gestellt, bis die neue Funkverbindung aufgebaut ist. Als Nächstes wird entweder die neue Funkverbindung aufgebaut oder das UUPD-Paket kommt an dem Heimatzugangsknoten BS2 an. Wenn die neue Funkverbindung zuerst aufgebaut ist, übernimmt der neue Zugangsknoten BS3 sofort die vorläufige Steuerung des DAG für die IP-Adresse des mobilen Knotens. Sonst wartet der neue Zugangsknoten BS3, bis er die UUPD-Ack-Nachricht von dem Heimatzugangsknoten BS2 empfängt. Verbleibende Schritte, die in Bezug auf das vorangehende Beispiel beschrieben wurden (entfernen des Tunnels, nachfolgende Mobilität, usw.), werden auch in Bezug auf das vorliegende Beispiel angewendet.

[0085] Die [Fig. 17](#) bis [Fig. 25](#) zeigen eine Prozedur, durch die, wenn ein mobiler Knoten eine Zugangssitzung beendet, Leitweglenkungsaktualisierungen ausgeführt werden, die den DAG für die IP-Adresse des mobilen Knotens in den Zustand des DAG zurückversetzt, bevor die IP-Adresse dem mobilen Knoten ursprünglich zugeordnet wurde. Die Prozedur für die Leitweglenkungsaktualisierungen umfasst, dass Leitweglenkungsaktualisierungen nur an eine begrenzte Anzahl von Knoten in dem AS (entlang den Pfaden, entlang denen mobilitätsbezogene Aktualisierungen per Einzelsendung zuvor ausgeführt wurden) gesendet werden, und dass Aktualisierungen in den Daten-tabellen der Leitweglenkungsprotokolle nur bei einer begrenzten Anzahl von Knoten (die Knoten, entlang denen die Nachrichten für die Leitweglenkungsaktualisierung mit wiederherstellter Lenkung laufen und alle unmittelbar angrenzenden Knoten) erforderlich sind.

[0086] Wenn mit Bezug auf [Fig. 17](#) der mobile Knoten MH2 die Zugangssitzung beendet, sendet der aktuelle Zugangsknoten BS4 eine Wiederherstellungsanfrage (RR, restore request) für die IP-Adresse an den Heimatzugangsknoten. Dies kann durch Wissen über die Identität des „Heimat“-Zugangsknotens für die IP-Adresse an dem aktuellen Zugangsknoten erreicht werden. Dieses Wissen kann bereitgestellt werden, indem die Identität des Besitzer-BS gesendet wird, wenn das Gesamt-DAG mit dem OPT-Paket-Aktualisierungsmechanismus erzeugt wird, und diese Identität als Daten des Leitweglenkungsprotokolls zusätzlich zu den anderen Daten des Leitweglenkungsprotokolls, die in dem Zugangsknoten gespeichert sind, gespeichert wird. Dieses Wissen kann alternativ von dem mobilen Knoten bereitgestellt werden, der die Identität des Heimat-BS speichert, wenn seine IP-Adresse zum ersten Mal zugeordnet wird, und diese Identität zu jedem Zugangsknoten, von denen der mobile Knoten Dienste während seiner Zugangssitzung empfängt, gesendet wird, um sie vorübergehend darin zu speichern. Wenn folglich der mobile Knoten MH2 diese Sitzung mit Zugang beendet, sendet der aktuelle Zugangsknoten BS4 das RR-Paket, das zu Beginn mit der IP-Adresse des mobilen Knotens adressiert ist und entlang einer IP-in-IP-Tunnelverbindung zu dem Heimatzugangsknoten BS2 mit der IP-Adresse des Heimatzugangsknotens BS2 eingekapselt ist.

[0087] Als eine Alternative zum Anfordern von Wissen über die Identität des Heimat-BS einer IP-Adresse kann das RR-Paket mit der IP-Adresse des mobilen Knotens als Zieladresse jedoch mit einem Bezeichner in seinem Header gesendet werden, der jedem weiter leitenden Knoten angezeigt, dass das Paket entlang dem Gesamt-DAG-Leitweglenkungspfad gelenkt werden soll, das während der gesamten Zugangssitzung an den Heimat-BS gerichtet bleibt.

[0088] Als Reaktion auf den Empfang des RR-Pakets markiert der Heimatzugangsknoten BS2 eine Verbindung stromabwärts in seiner Leitweglenkungstabellen zu dem mobilen Host MH2. Diese Verbindung stromabwärts ist eine virtuelle Verbindung, da der mobile Host aktuell nicht in Funkverbindung mit irgend einem Zugangsknoten steht und sich in Wirklichkeit im Dienstbereich von einem anderen Zugangsknoten (dem von Zugangsknoten BS4) befindet. Alle Pakete, die an BS4 nach dem Ende seiner Sitzung mit Zugang für den mobilen Knoten MH2 ankommen, können entlang dem Tunnel zu dem Heimatzugangsknoten BS2 weitergeleitet werden, und können für zukünftige Weiterleitung zu dem mobilen Knoten MH2 gespeichert werden, wenn er eine neue Sitzung über Zugang beginnt.

[0089] Nach dem Empfang des RR-Pakets setzt der Heimatzugangsknoten BS2 auch die Höhe des (nun virtuellen) mobilen Knotens auf ein „alle-null“-Be-

zugsniveau zurück und sendet Pakete für gerichtete Wiederherstellungsaktualisierung per Einzelsendung (UDRU, unicast-directed restore update) in Richtung des aktuellen Zugangsknotens BS4 über die feste Infrastruktur des AS, wie in [Fig. 18](#) dargestellt ist. Das UDRU-Paket wird entlang eines Leitwegs für Einzelsendungen weitergeleitet, der nur Knoten mit Höhen enthält, die zuvor als Ergebnis von mobilitätsbezogener Aktualisierung neu definiert wurden. In dem Beispiel, das in [Fig. 18](#) gezeigt ist, sind diese Knoten die Knoten ER2, IR2, ER3, IR3, CR4, IR4ER4 und BS4.

[0090] Da das UDRU-Paket an jedem der Knoten entlang des Pfades für Einzelsendungen empfangen wird, werden die TORA-Höhen an jedem Knoten auf ein „alle-null“-Bezugsniveau zurückgesetzt, und die Werte δ der Höhen werden neu definiert, damit sie statt der vorherigen Werte der Einträge, die die Anzahl von Sprüngen zu dem mobilen Knoten über den aktuellen Zugangsknoten darstellen, die Anzahl von Sprüngen zu dem (nun virtuellen) mobilen Knoten über den Heimatzugangsknoten darstellen. Dieser Prozess ist in jeder der [Fig. 18](#) bis [Fig. 22](#) dargestellt.

[0091] Zusätzlich zur Aktualisierung von Höhen entlang des Aktualisierungsleitwegs per Einzelsendung werden die aktualisierten Höhen jedem unmittelbar angrenzenden Knoten bekanntgemacht. Jeder Knoten mit einem negativen Zeitwert τ seiner eigenen Höhe, der eine Bekanntmachung empfängt, die das Zurücksetzen von negativen Zeitwerten τ auf 0 anzeigen, wie in dem Fall von Zugangsknoten BS3 (in [Fig. 20](#) dargestellt), setzt auch seine eigene Höhe auf ein „allenull“-Bezugsniveau, definiert seinen Wert δ , sodass er die Anzahl von Sprüngen zu der (nun virtuellen) mobilen Station über den Heimatzugangsknoten angibt, und erzeugt eine Bekanntmachung seiner eigenen neuen Höhe und sendet sie an alle seine eigenen Nachbarn. Alle Nachbarn, die eine bekanntgemachte neue Höhe empfangen, die ihre eigene Höhe nicht zurücksetzt, verbreiten die Bekanntmachung nicht mehr weiter.

[0092] Nachdem das UDRU-Paket wie in [Fig. 23](#) dargestellt an dem aktuellen Knoten BS4 empfangen wird, löscht der aktuelle Zugangsknoten den Zustand, der dem mobilen Knoten MH2 in seinen Leitweglenkungstabellen zugeordnet ist und sendet eine UDRU-Bestätigungs Nachricht entlang dem Leitweglenkungspfad, der soeben durch die Aktualisierung per Einzelsendung erzeugt wurde, in Richtung des Heimatzugangsknoten BS2, wodurch die vorläufige Steuerung des DAG für die IP-Adresse aufgegeben wird, die zuvor von dem mobilen Knoten MH2 verwendet wurde.

[0093] Wie in [Fig. 24](#) gezeigt läuft das UDRU-Bestätigungs paket schließlich zu dem Heimatzugangsknoten BS2. Nach dem Empfang entfernt der Heimatzugangsknoten BS2 alle Zustände, die dem mobilen

Knoten MH2 zugeordnet sind, und übernimmt die Steuerung des DAG für die IP-Adresse. Die IP-Adresse kann dann noch einmal einem anderen mobilen Knoten MH3 dynamisch zugewiesen werden, der eine Sitzung mit Zugang in den Bereich des Zugangsknotens BS2 beginnt, wie in [Fig. 25](#) gezeigt ist.

[0094] Zusammenfassend umfassen die Modifikationen eines Leitweglenkungsprotokolls, die durch die vorliegende Erfindung geschaffen werden, und die einzelnen oder in allen Kombinationen verwendet werden können, folgende:

1. Speichern von eindeutigen Daten des Leitweglenkungsprotokolls („negative“ Bezugsniveaus für die Höhe im Fall des TORA-Protokolls), die als eine Folge der Mobilität erzeugt werden, sodass Pakete in Richtung des zuletzt zugeordneten Nachbarn stromabwärts weitergeleitet werden.
2. Integrieren von gerichteten Aktualisierungen per Einzelsendung bei Mobilität, um die Leitweglenkung bei Übergabe anzupassen, indem Daten des Leitweglenkungsprotokolls geändert werden, die nur in einer begrenzten Menge der Knoten eines AS gespeichert sind.
3. Integrieren von gerichteten Aktualisierungen für Wiederherstellung per Einzelsendung, um die Effekte der Mobilität auf Basis von Übergabe („negative“ Bezugsniveaus von Höhen im Fall von TORA) zu löschen.

[0095] Es sollte klar sein, dass die oben beschriebenen Ausführungen ein modifiziertes Leitweglenkungsprotokoll beschreiben, das auf dem TORA-Leitweglenkungsprotokoll basiert. Aspekte der Erfindung können jedoch genutzt werden, um andere bekannte Leitweglenkungsprotokolle zu modifizieren, wie etwa OSPF, RIP usw.

[0096] Obwohl in den oben beschriebenen Ausführungen die Infrastruktur des Autonomen Systems fest ist, ist es klar, dass darüber hinaus ein oder mehrere der Router in der Infrastruktur mobile Router, wie sie etwa in Bereich der Satellitenkommunikation verwendet werden, und andere Systeme sein können, in denen ein oder mehrere Router in der Infrastruktur Langzeitmobilität zeigen.

[0097] Darüber hinaus können mobile Knoten auch mit einem Zugangsknoten über eine bewegliche nicht drahtlose Kommunikationsverbindung verbunden werden, wie etwa eine Einstek-Kabelverbindung.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung der Leitweglenkung von Paketen in einem Netzwerk mit verbindungslosem Leitweglenkungsprotokoll mit einer Infrastruktur aus Paketvermittlungsknoten (CR, IR, ER), die durch Pakettransportverbindungen miteinander verbunden

sind, und mehreren Zugangsknoten (BS), zu denen in der Infrastruktur für eine bestimmte Netzwerkadresse ein Leitweglenkungspfad gelenkt werden kann, der durch Daten definiert wird, die in den Paketvermittlungsknoten (CR, IR, ER) gespeichert sind, die entlang des Leitweglenkungspfades angeordnet sind, wobei das Verfahren folgendes umfasst: Lenken von Paketen entlang eines ersten Leitweglenkungspfades zu einer ersten Netzwerkadresse, wobei der Leitweglenkungspfad zu einem ersten Zugangsknoten (BS2) führt, der einen mobilen Knoten (MH2) versorgt, der die erste Netzwerkadresse über eine Kommunikationsverbindung verwendet; wobei das Verfahren **dadurch gekennzeichnet** ist, dass es folgendes umfasst: Festlegen einer Schnittstelle, die von der Kommunikationsverbindung von dem ersten Zugangsknoten (BS2) zu dem mobilen Knoten (MH2) verschieden ist, auf der Pakete weitergeleitet werden, die entlang des ersten Leitweglenkungspfades zu einem zweiten Zugangsknoten (BS3) ankommen; nach dem Festlegen der Schnittstelle Übergeben der Kommunikationsverbindung des mobilen Knotens (MH2), sodass der zweite Zugangsknoten (BS3) den mobilen Knoten (MH2) versorgt; als Reaktion auf das Übergeben der Kommunikationsverbindung Ändern der Leitweglenkung für die erste Netzwerkadresse in der Infrastruktur und Erzeugen eines zweiten Leitweglenkungspfades für die erste Netzwerkadresse, der zu dem zweiten Zugangsknoten führt (BS3); als Reaktion auf die Erzeugung des zweiten Leitweglenkungspfades Ändern der Leitweglenkung in der Infrastruktur für die erste Netzwerkadresse und Entfernen des ersten Leitweglenkungspfades; und Lenken von Paketen zu dem zweiten Zugangsknoten (BS3) über den zweiten Leitweglenkungspfad.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Schritt des Festlegens das Festlegen eines Weiterleitungspfades für die erste Netzwerkadresse von dem ersten Zugangsknoten (BS2) zu dem zweiten Zugangsknoten (BS3) umfasst, wobei der Weiterleitungspfad für die erste Netzwerkadresse nicht erfordert, dass die Leitweglenkung in der Infrastruktur geändert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die ankommenden Pakete verkapselt und über einen Pakettunnel gesendet werden, der den Weiterleitungspfad bildet.

4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem der Pakettunnel bereitgestellt wird, indem über die Infrastruktur getunnelt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 2, 3 oder 4, bei dem ein oder mehrere Pakete mit Steuerdaten zur Verwaltung der Änderungen der Leitweglenkung über den Weiterleitungspfad gesendet werden.

6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem ein oder mehrere Pakete mit Steuerdaten ein Steuerdatenpaket umfassen, das die Änderungen der Leitweglenkung an dem zweiten Zugangsknoten (BS3) einleitet.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem die Änderungen der Leitweglenkung umfassen, dass der zweite Zugangsknoten (BS3) eine Aktualisierung der Leitweglenkung (UUPD) an die Infrastruktur sendet.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 7, bei dem der Weiterleitungspfad durch Zustandsdaten festgelegt wird, die in dem ersten Zugangsknoten (BS2) gespeichert sind, und die sich auf den mobilen (MH2) Knoten beziehen.

9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem die Zustandsdaten aus dem ersten Zugangsknoten (BS2) nach der Übertragung der Aktualisierung der Leitweglenkung (UUPD) zu dem ersten Zugangsknoten (BS2) entfernt werden.

10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem die Zustandsdaten aus dem ersten Zugangsknoten (BS2) als Reaktion auf den Empfang der Aktualisierung der Leitweglenkung (UUPD) an dem ersten Zugangsknoten (BS2) entfernt werden.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, bei dem der erste Zugangsknoten (BS2) eine Bestätigung der Aktualisierung der Leitweglenkung an den zweiten Zugangsknoten (BS3) als Reaktion auf den Empfang der Aktualisierung der Leitweglenkung (UUPD) sendet.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, bei dem den Zustandsdaten eine Zeitbegrenzung zugeordnet ist, wobei die Zustandsdaten nach dem Ablauf der Zeitbegrenzung aus dem ersten Zugangsknoten (BS2) entfernt werden.

13. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Schnittstelle zu einem Cache-Speicher führt, der für den ersten Zugangsknoten (BS2) lokal ist.

14. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem die Aktualisierung der Leitweglenkung (UUPD) dazu eingerichtet ist, über die Infrastruktur zu dem ersten Zugangsknoten (BS2) übertragen zu werden.

15. Verfahren nach Anspruch 14, bei dem die Aktualisierung der Leitweglenkung (UUPD) zu dem Zugangsknoten (BS2) als eine Aktualisierung per Einzelsendung gesendet wird.

16. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem der Schritt des Festlegens als Reaktion auf den Empfang einer Anfrage nach Mobilität ausgeführt wird, die von dem mobilen Knoten

(MH2) kommend an dem ersten Zugangsknoten (BS2) empfangen wird.

17. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem die Kommunikationsverbindung eine drahtlose Verbindung ist.

18. Verfahren nach Anspruch 17, bei dem die drahtlose Verbindung dem mobilen Knoten (MH2) ermöglicht, während der Übergabe Daten nur von einem von dem ersten Zugangsknoten (BS2) und dem zweiten Zugangsknoten (BS3) zu empfangen.

19. Verfahren nach Anspruch 18, bei dem die drahtlose Verbindung eine TDMA-Funkverbindung ist.

20. Verfahren nach Anspruch 17, bei dem die drahtlose Verbindung dem mobilen Knoten (MH2) ermöglicht, während der Übergabe Daten sowohl von dem ersten Zugangsknoten (BS2), als auch von dem zweiten Zugangsknoten (BS3) zu empfangen.

21. Verfahren nach Anspruch 20, bei dem die drahtlose Verbindung eine CDMA-Funkverbindung ist.

22. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem die Netzwerkadresse eine IP-Adresse nach dem Internetprotokoll ist.

Es folgen 26 Blatt Zeichnungen

Fig. 1 Mobiler Router mit angebundenen Hosts

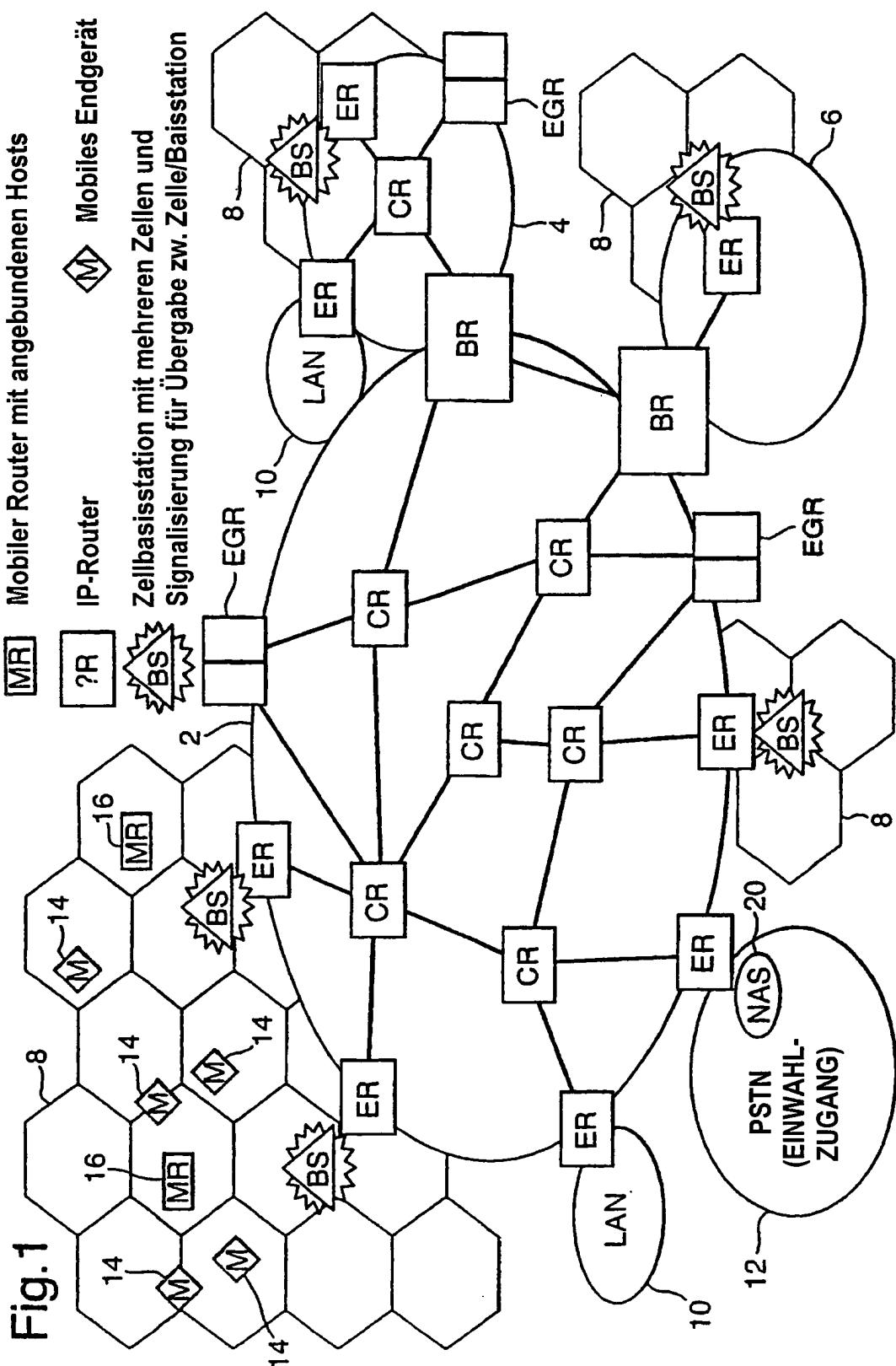


Fig.2

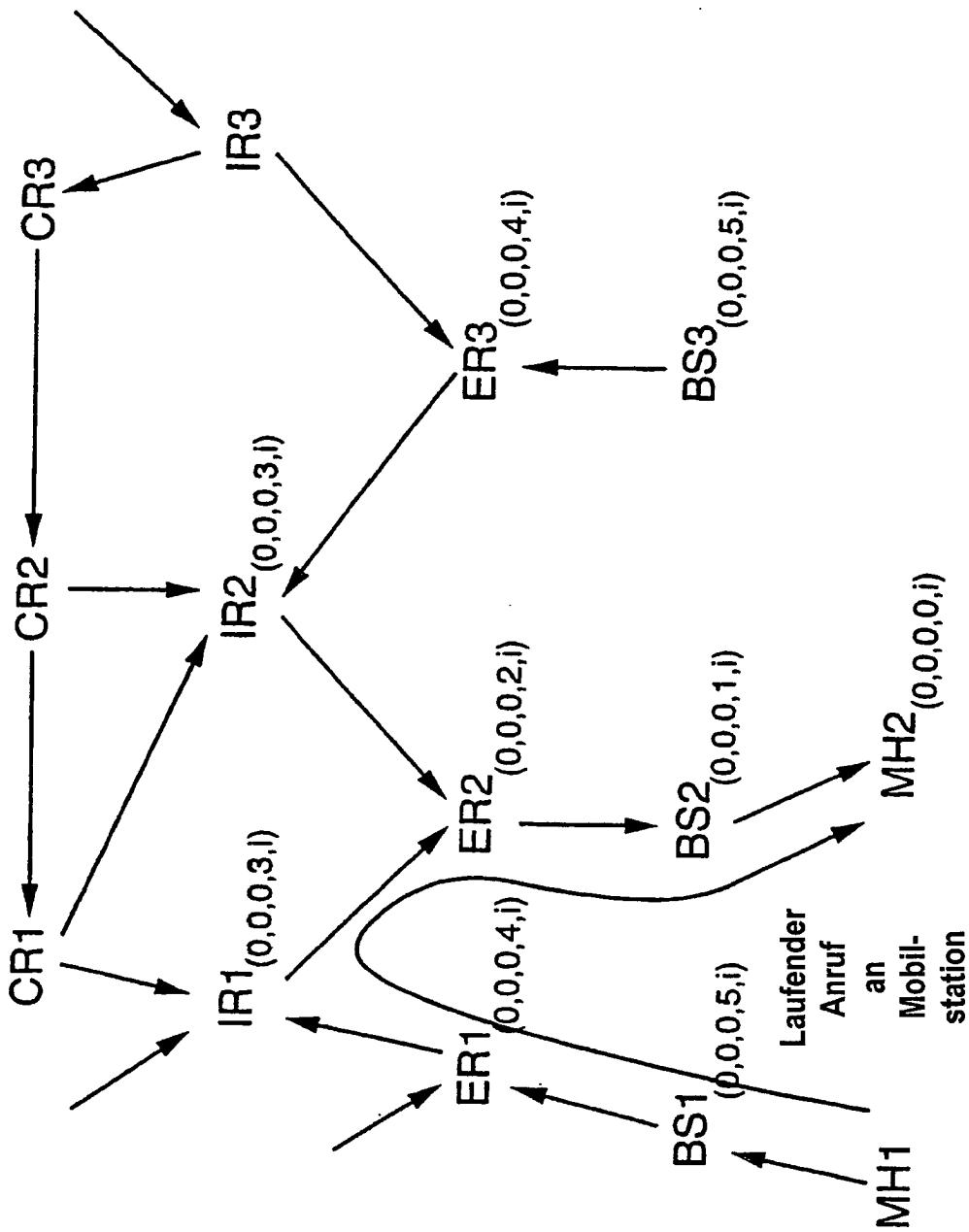


Fig.3

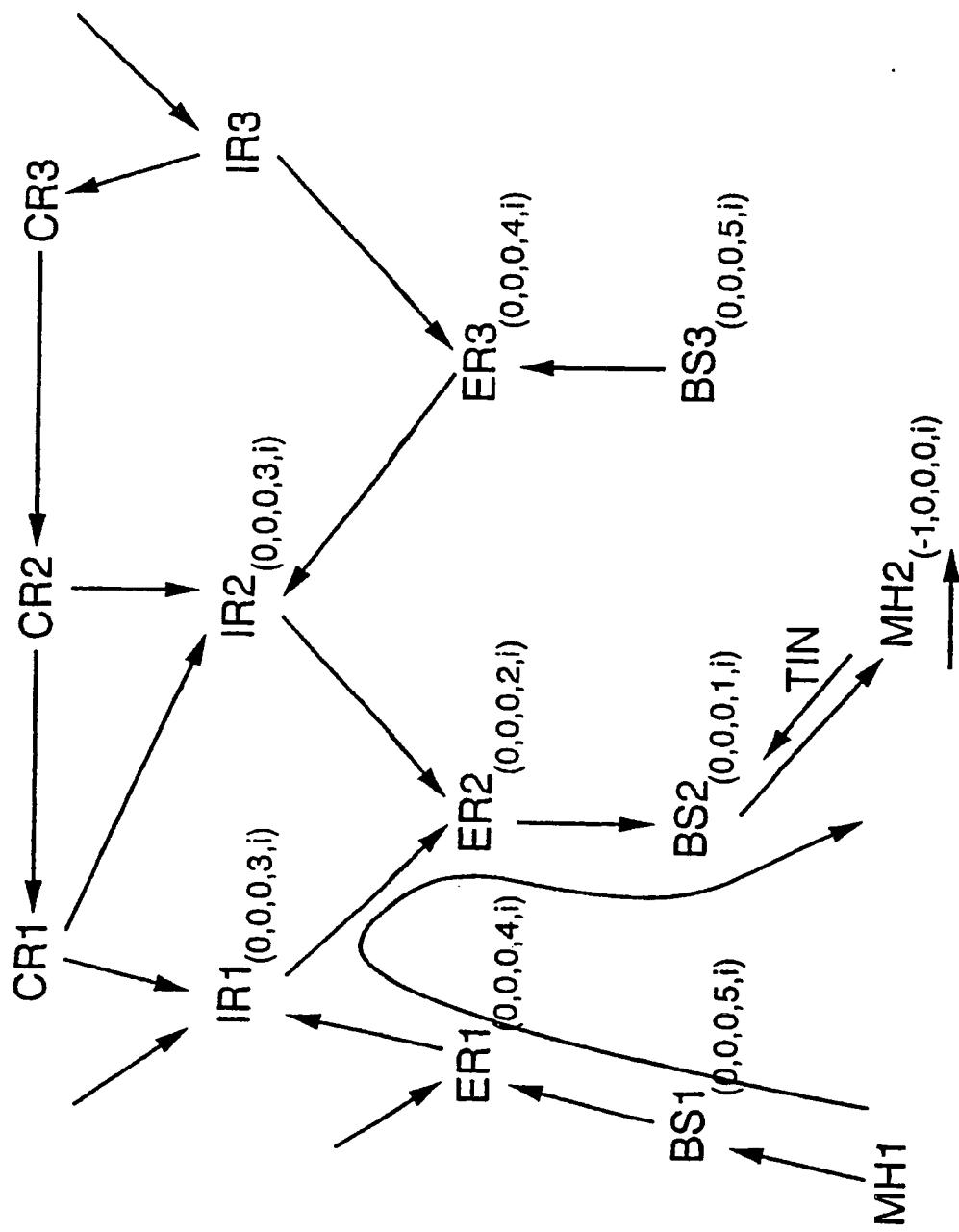


Fig.4

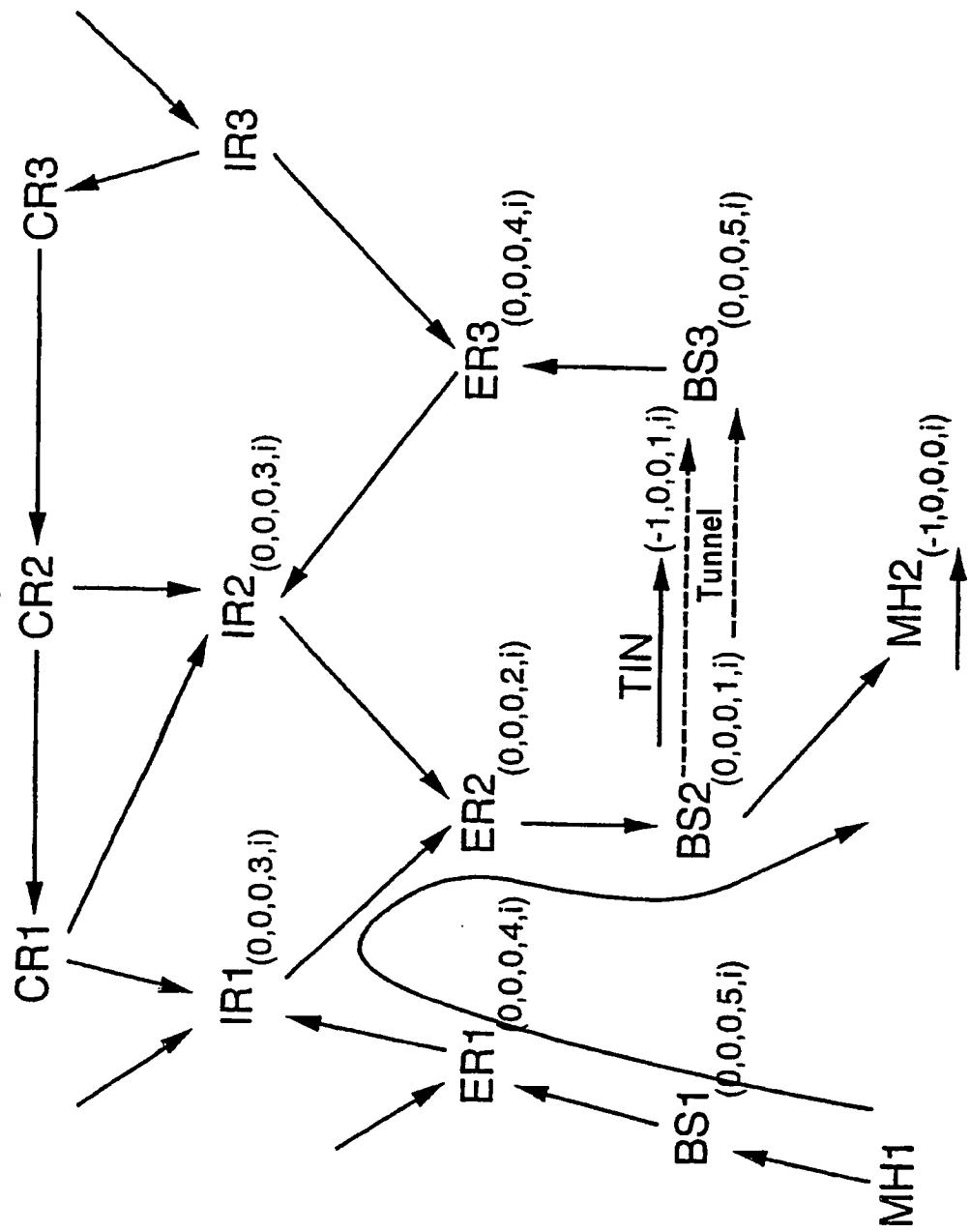


Fig.5

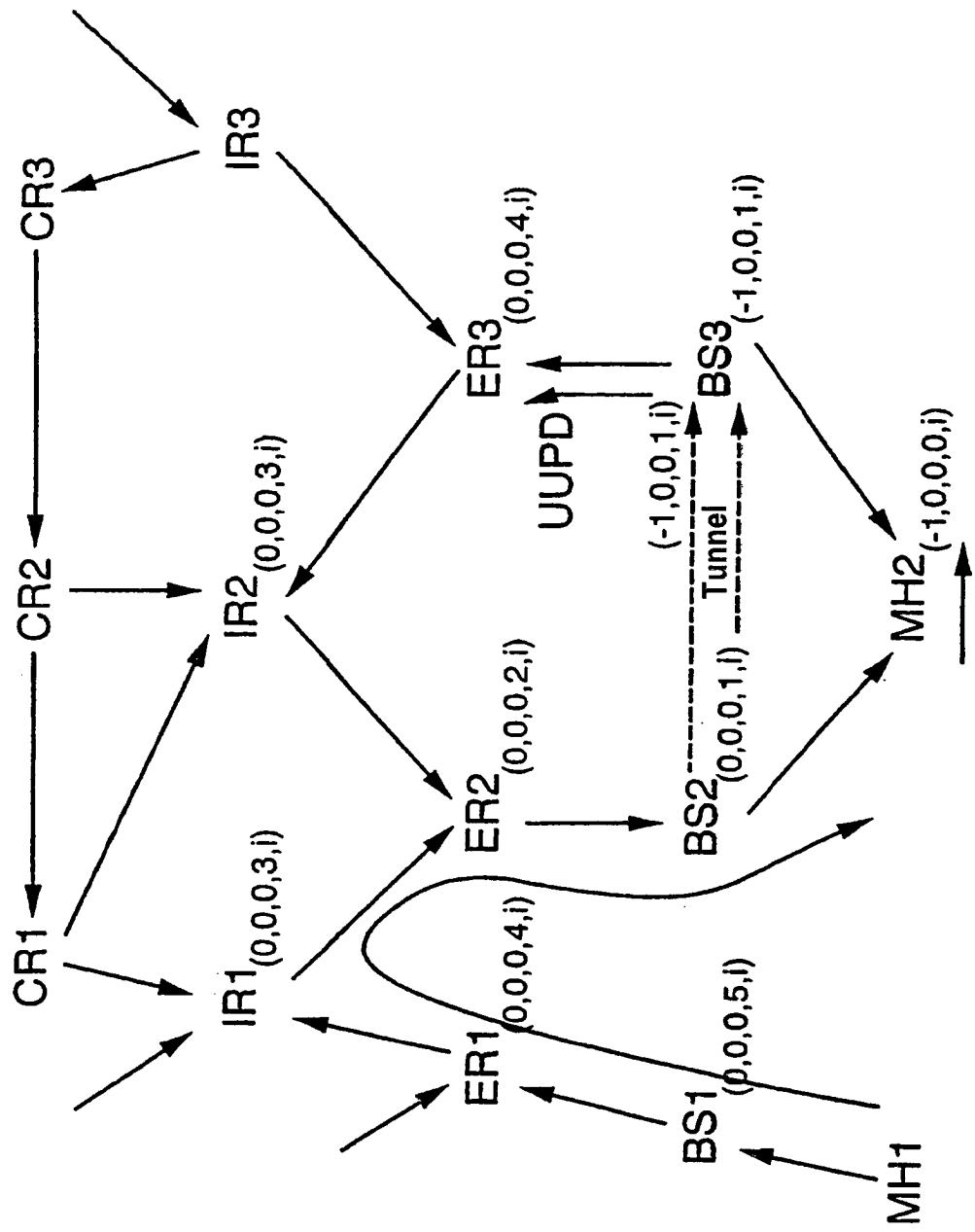
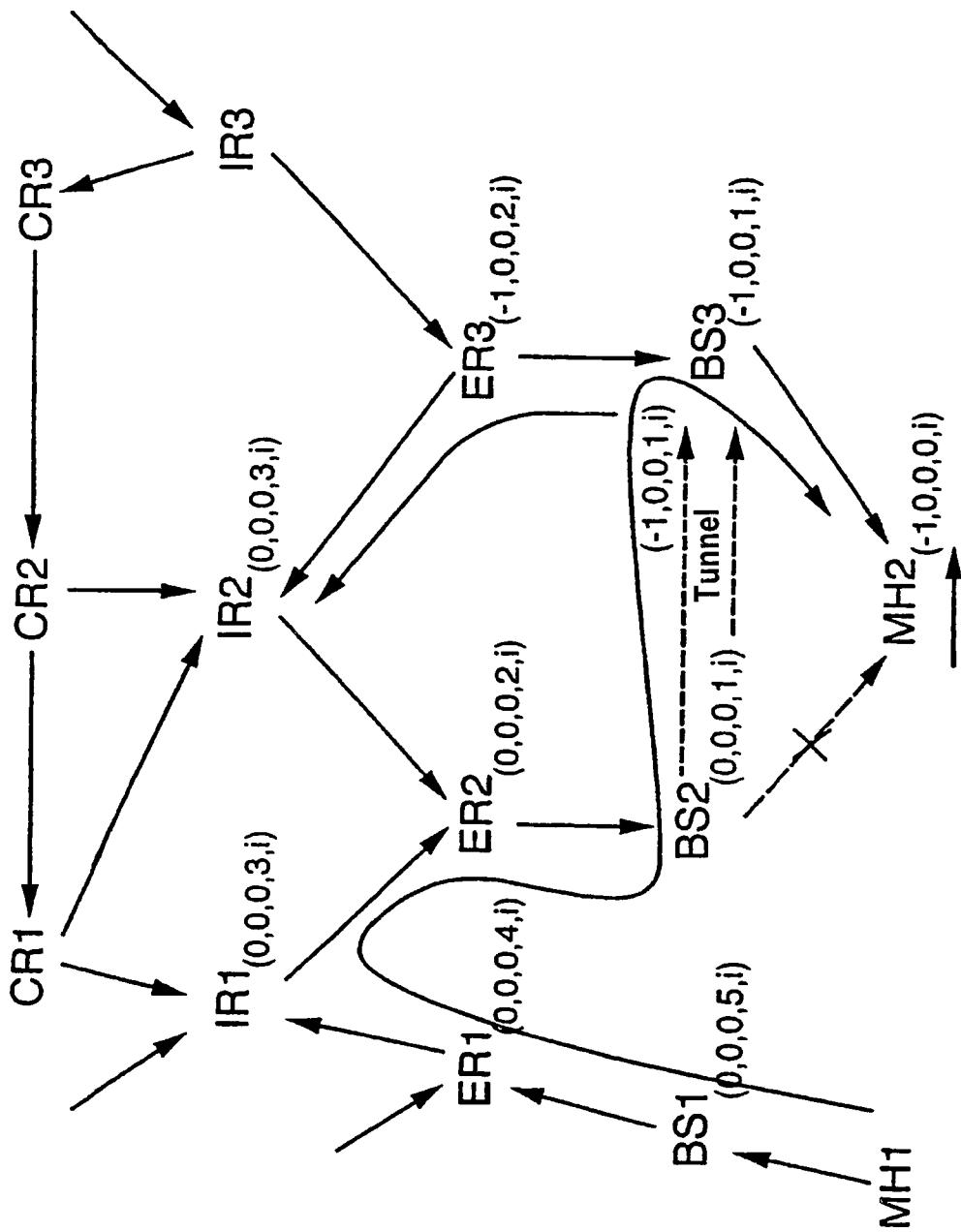


Fig. 6



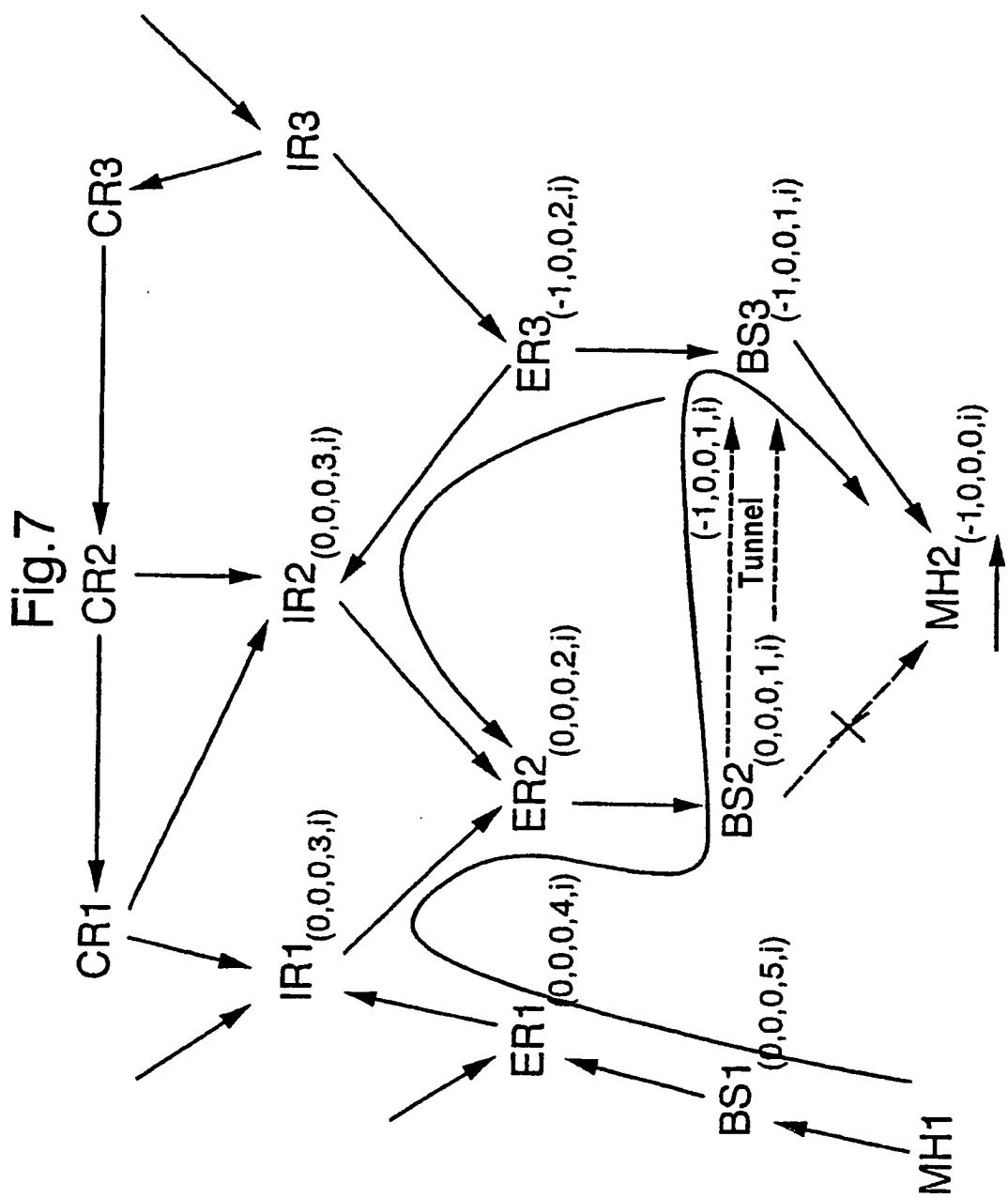


Fig.8

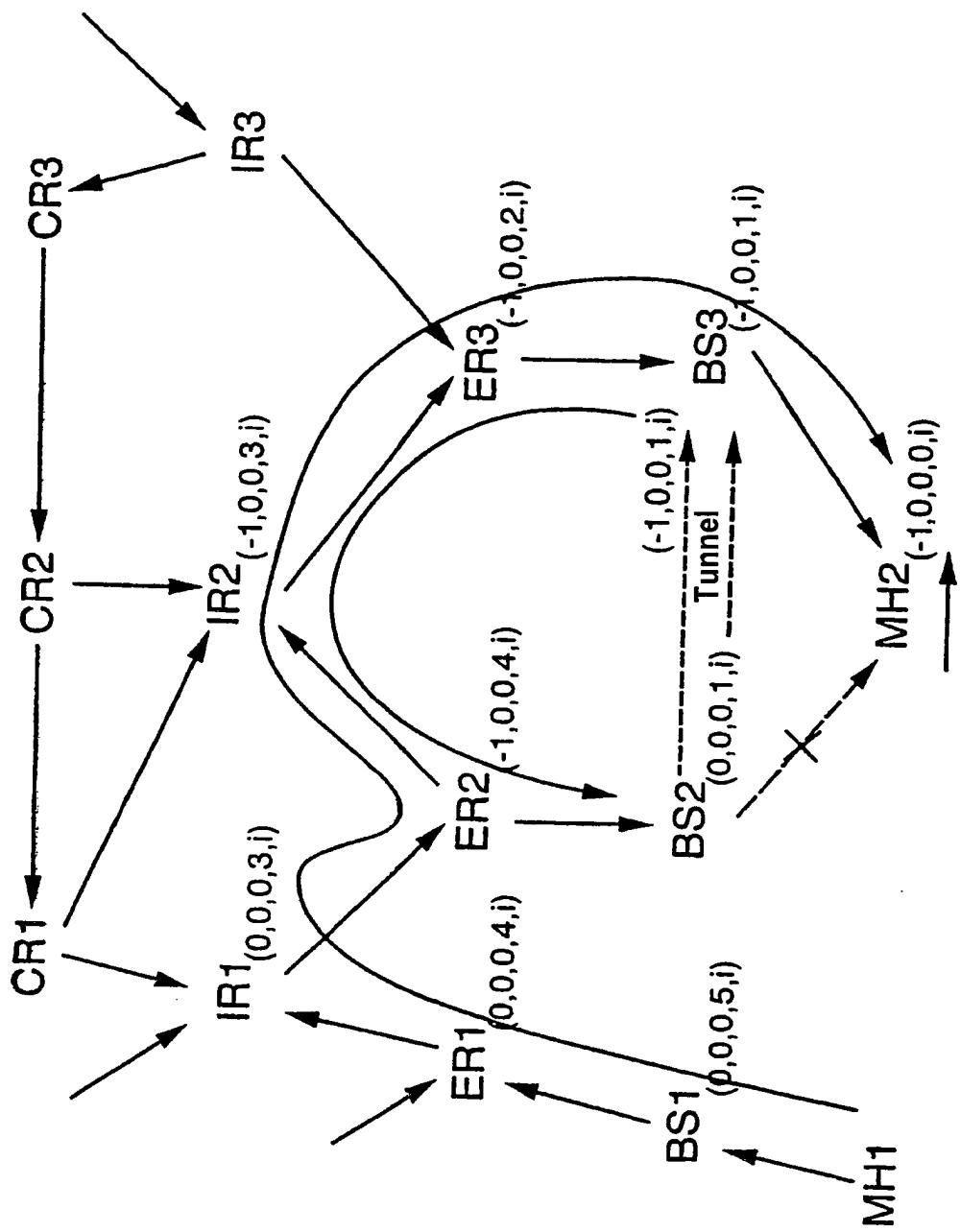


Fig. 9

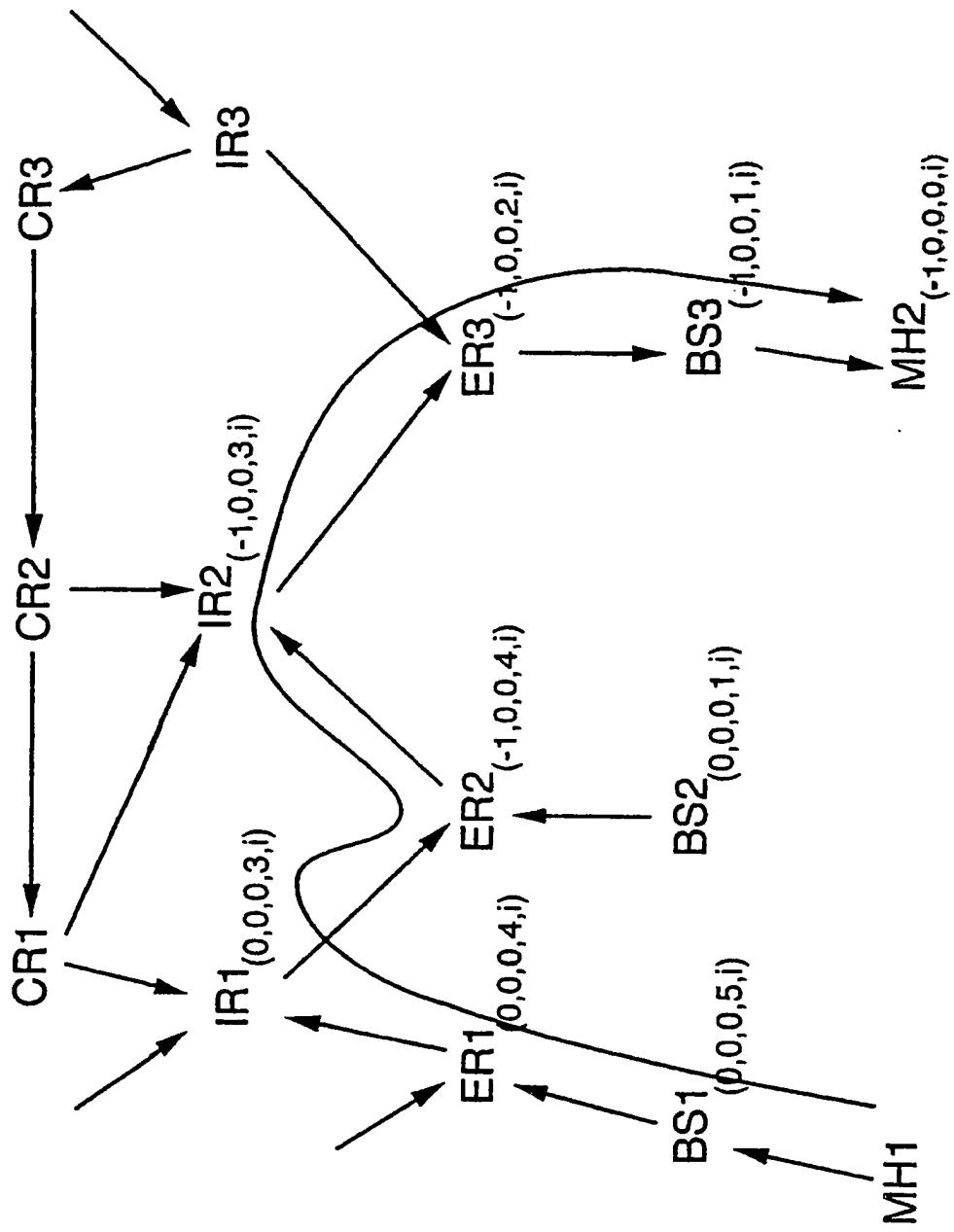


Fig. 10

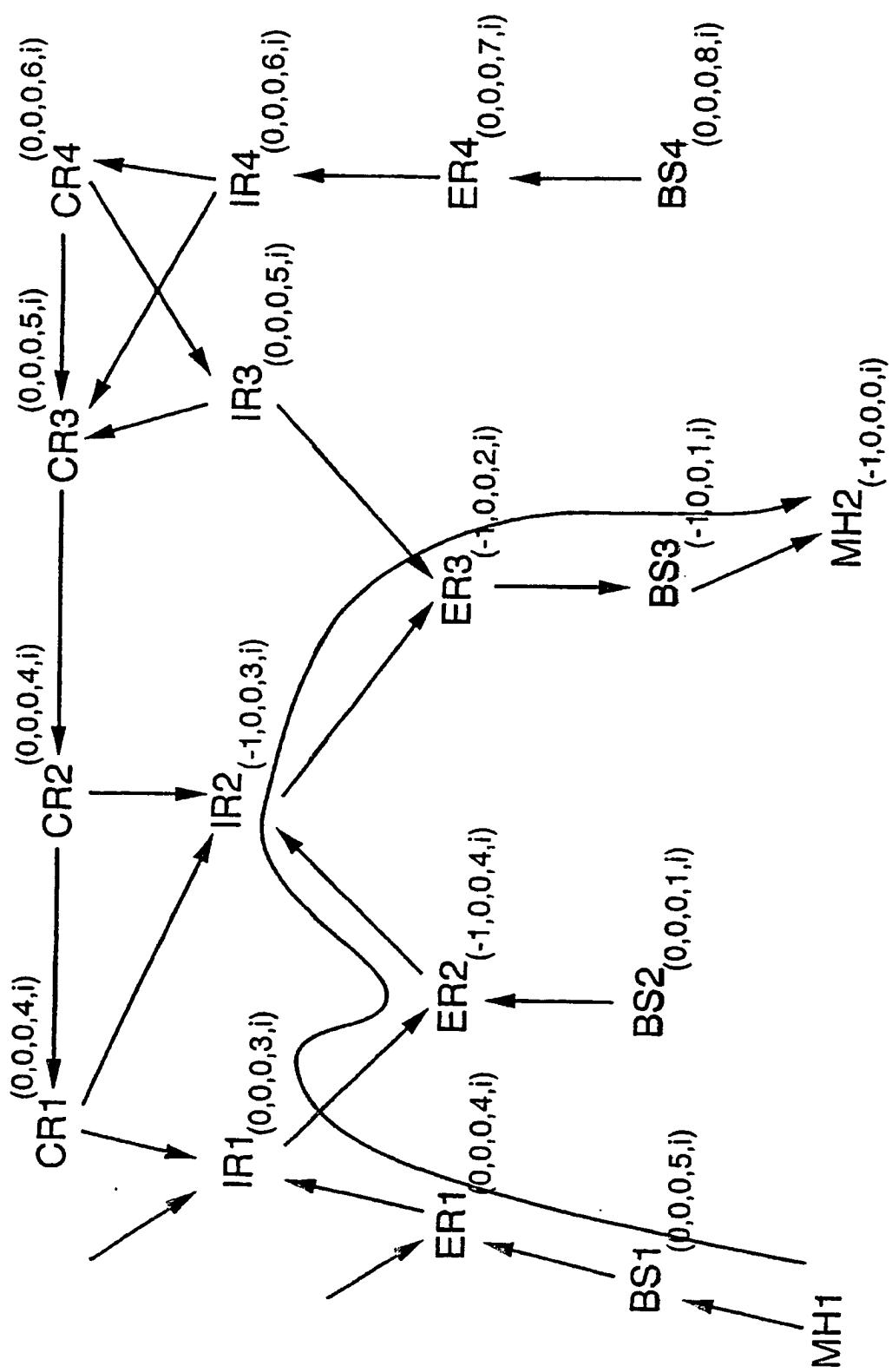


Fig. 11

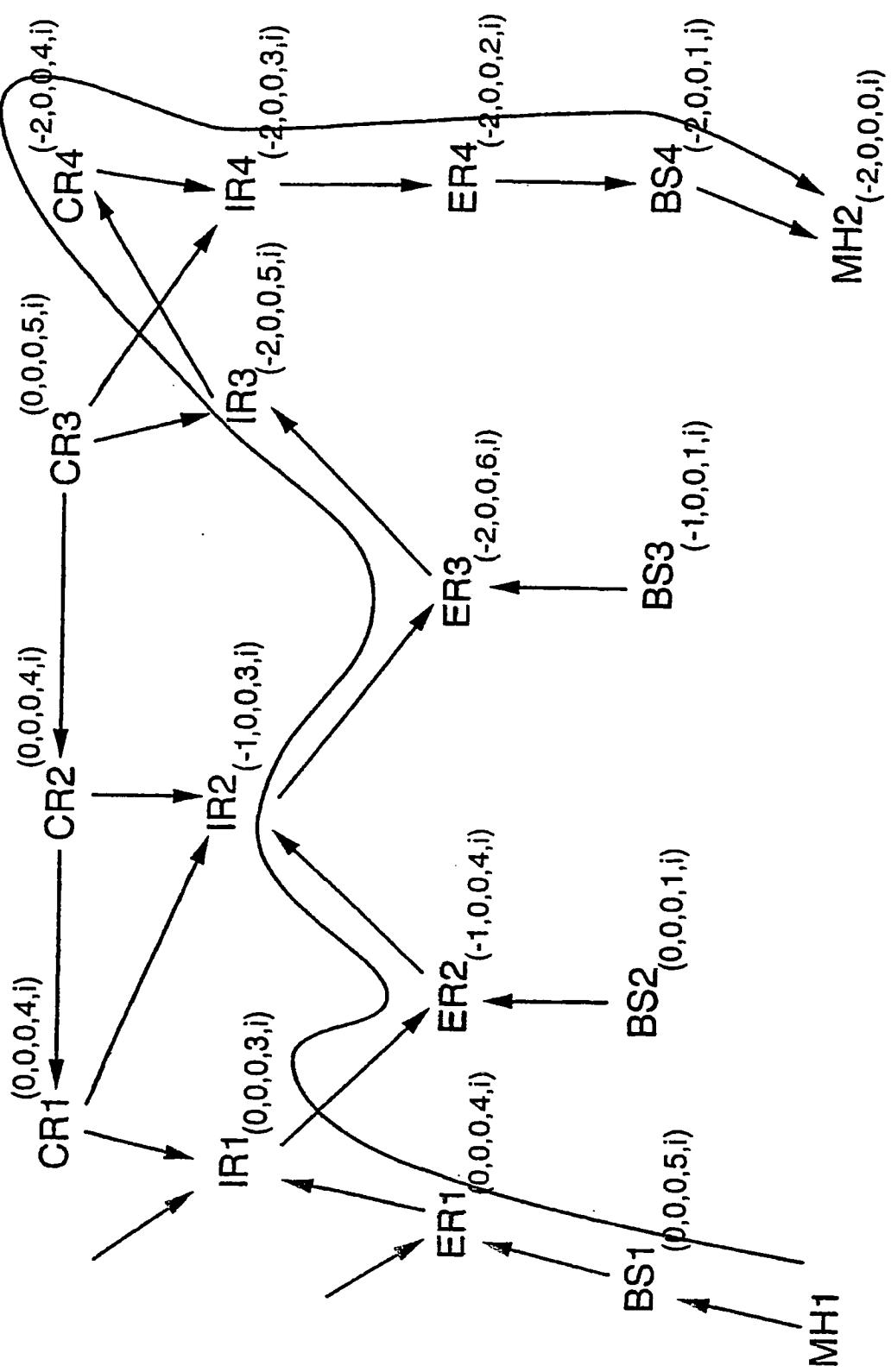


Fig. 12

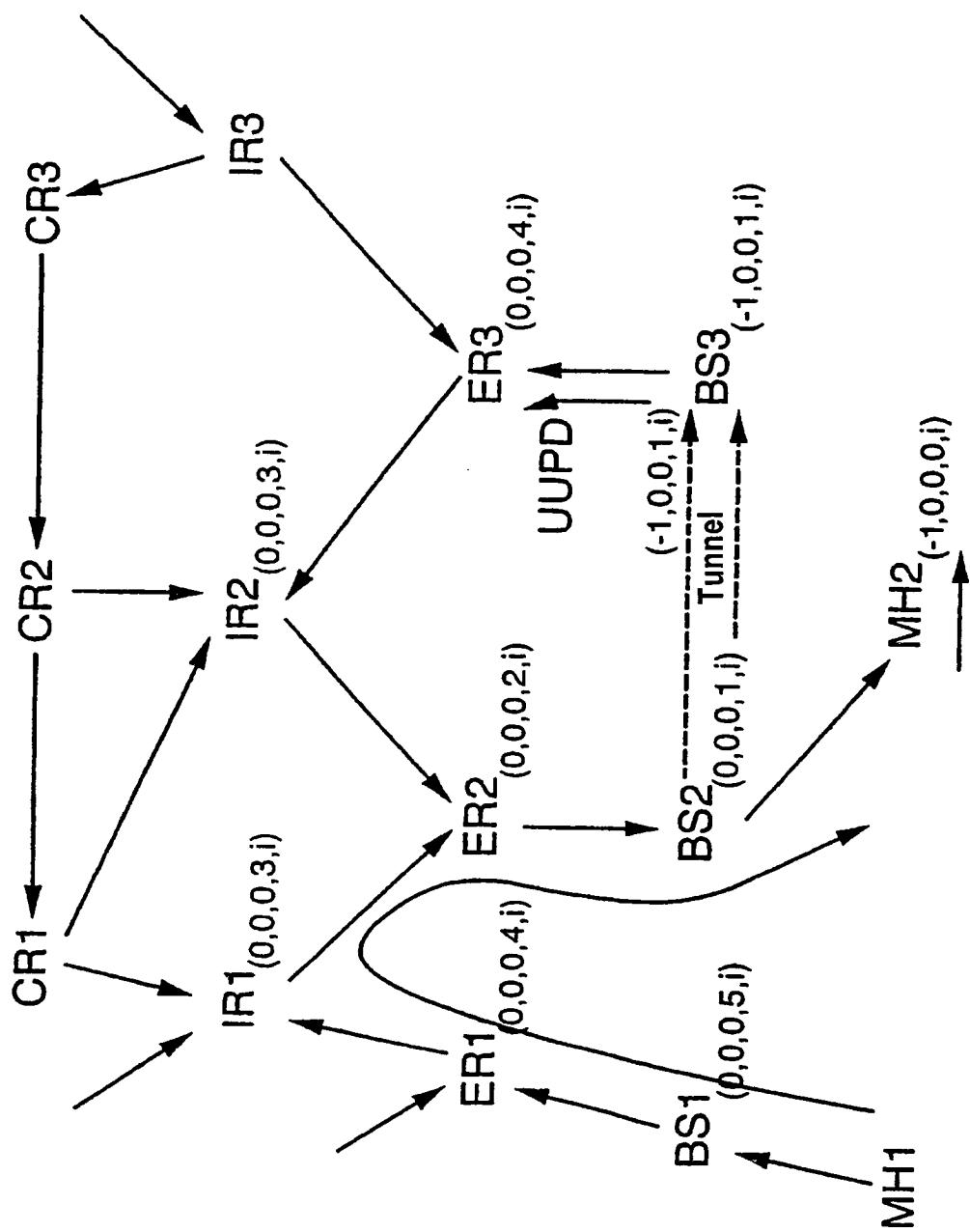


Fig. 13

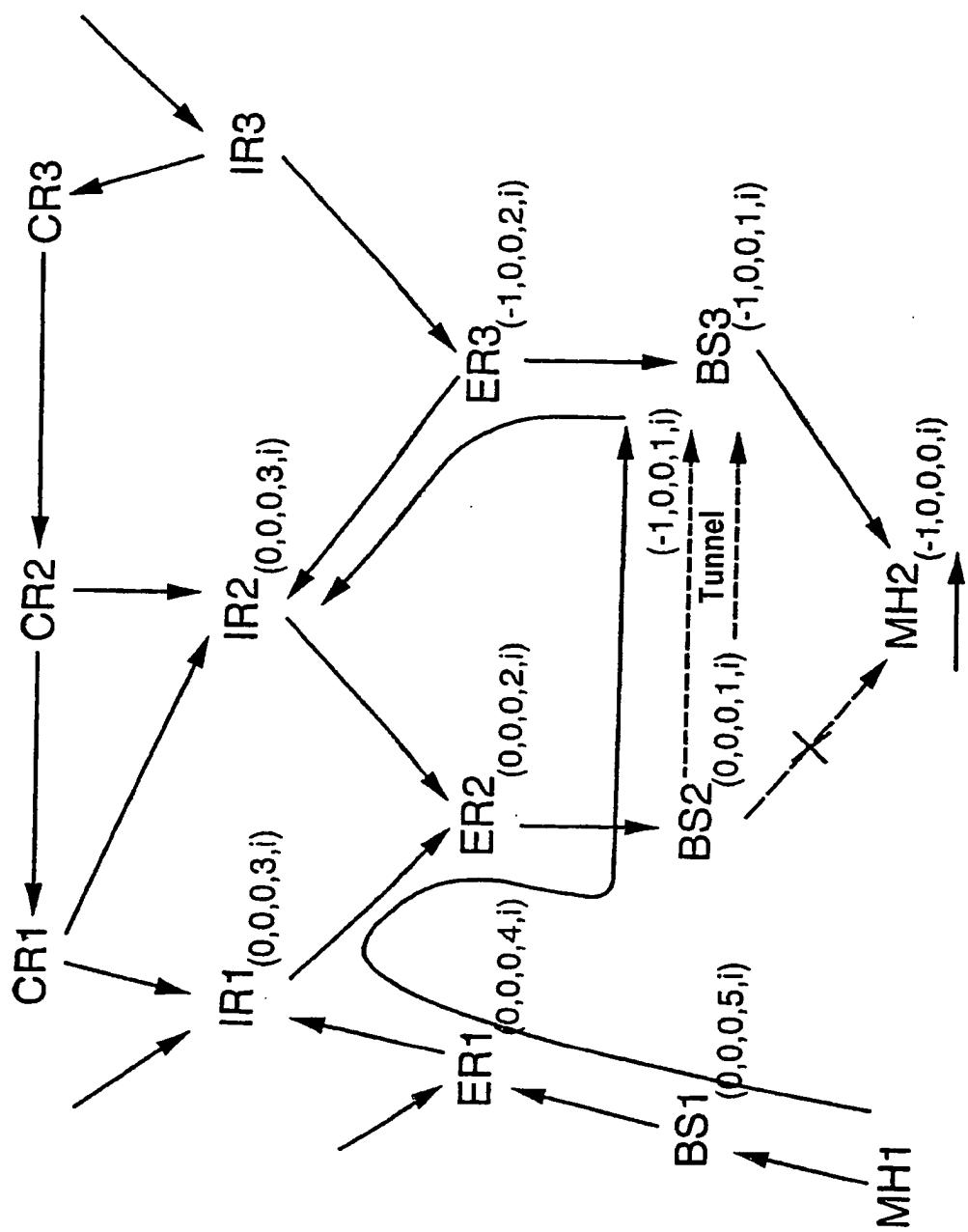


Fig. 14

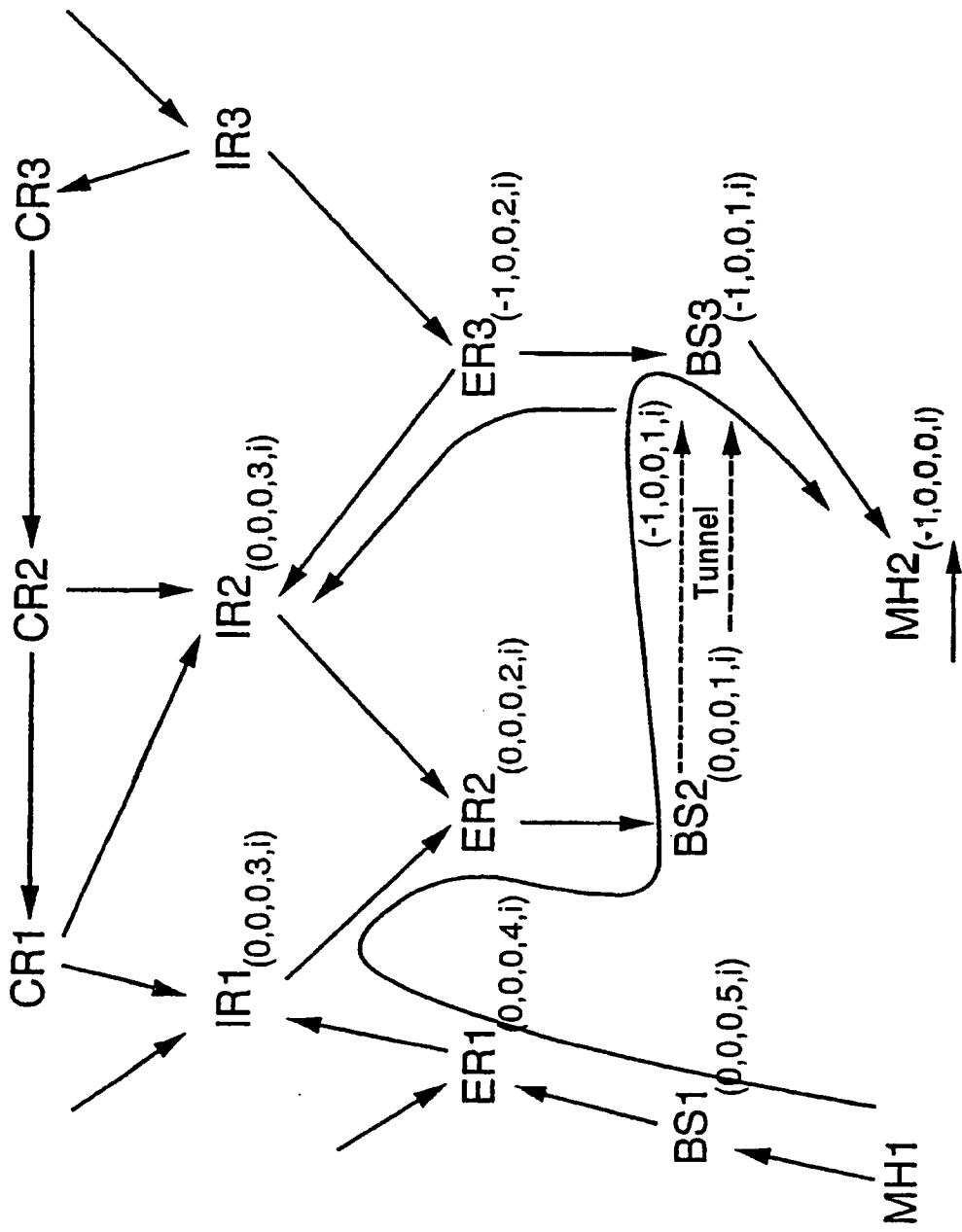


Fig. 15

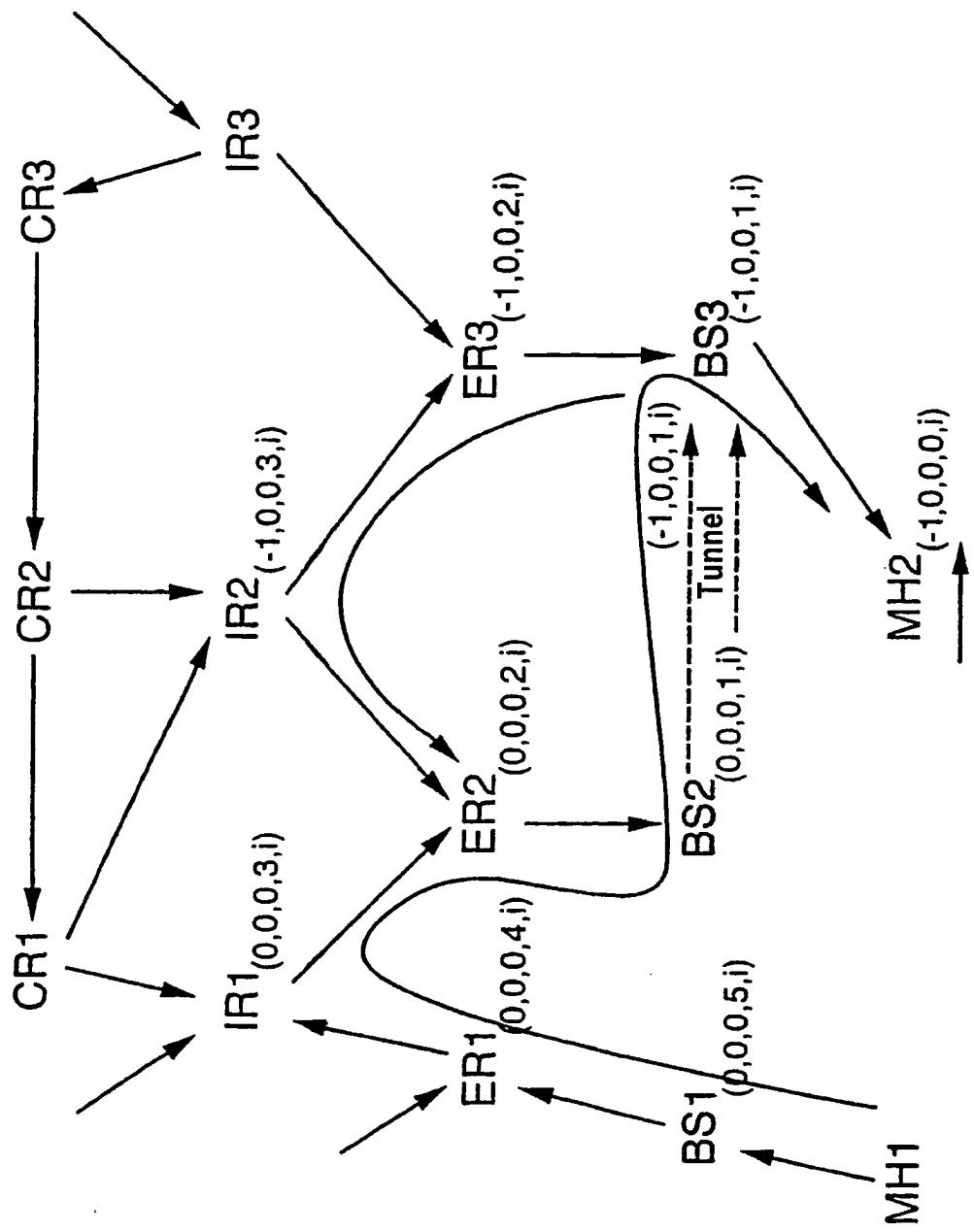


Fig. 16

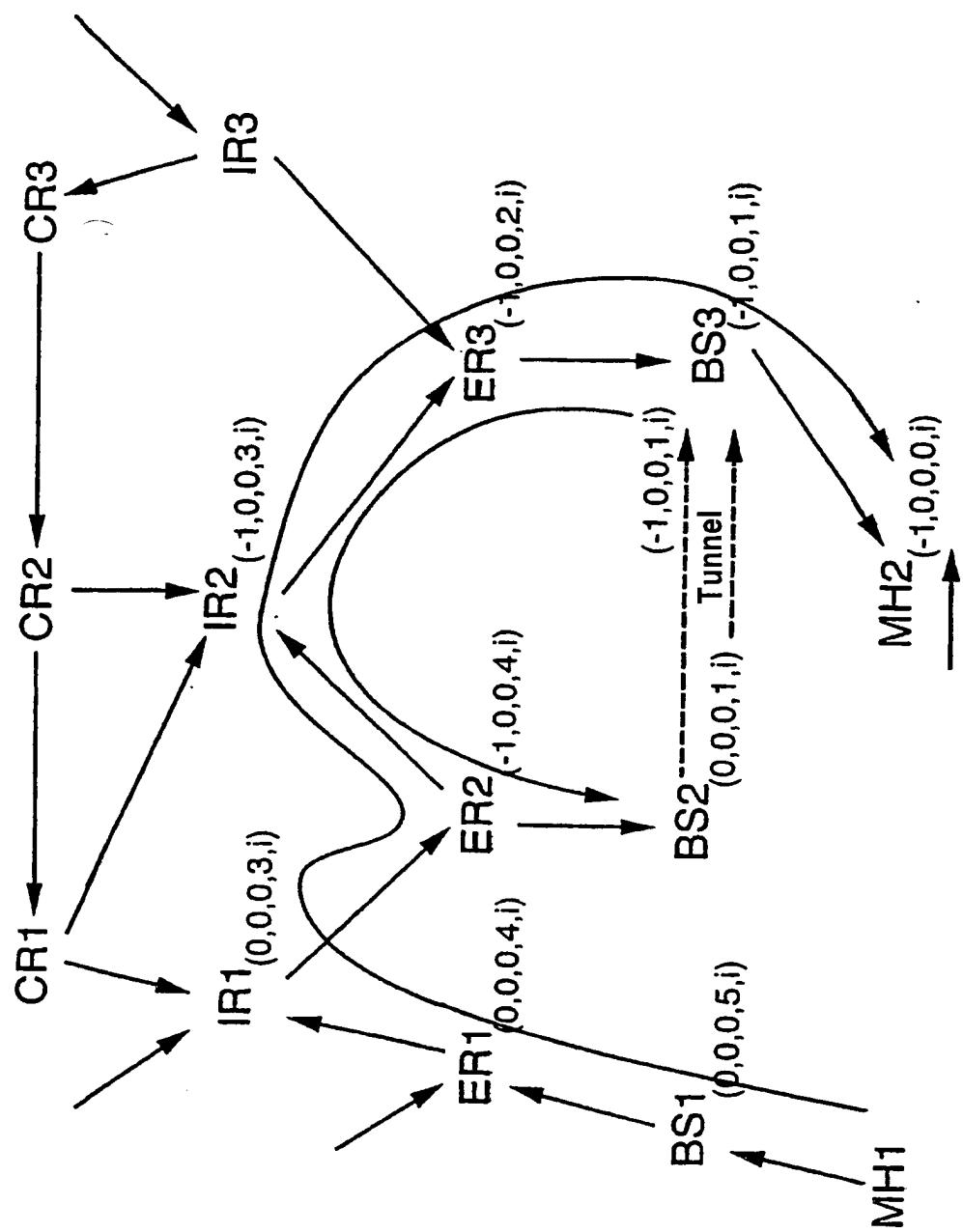


Fig. 17

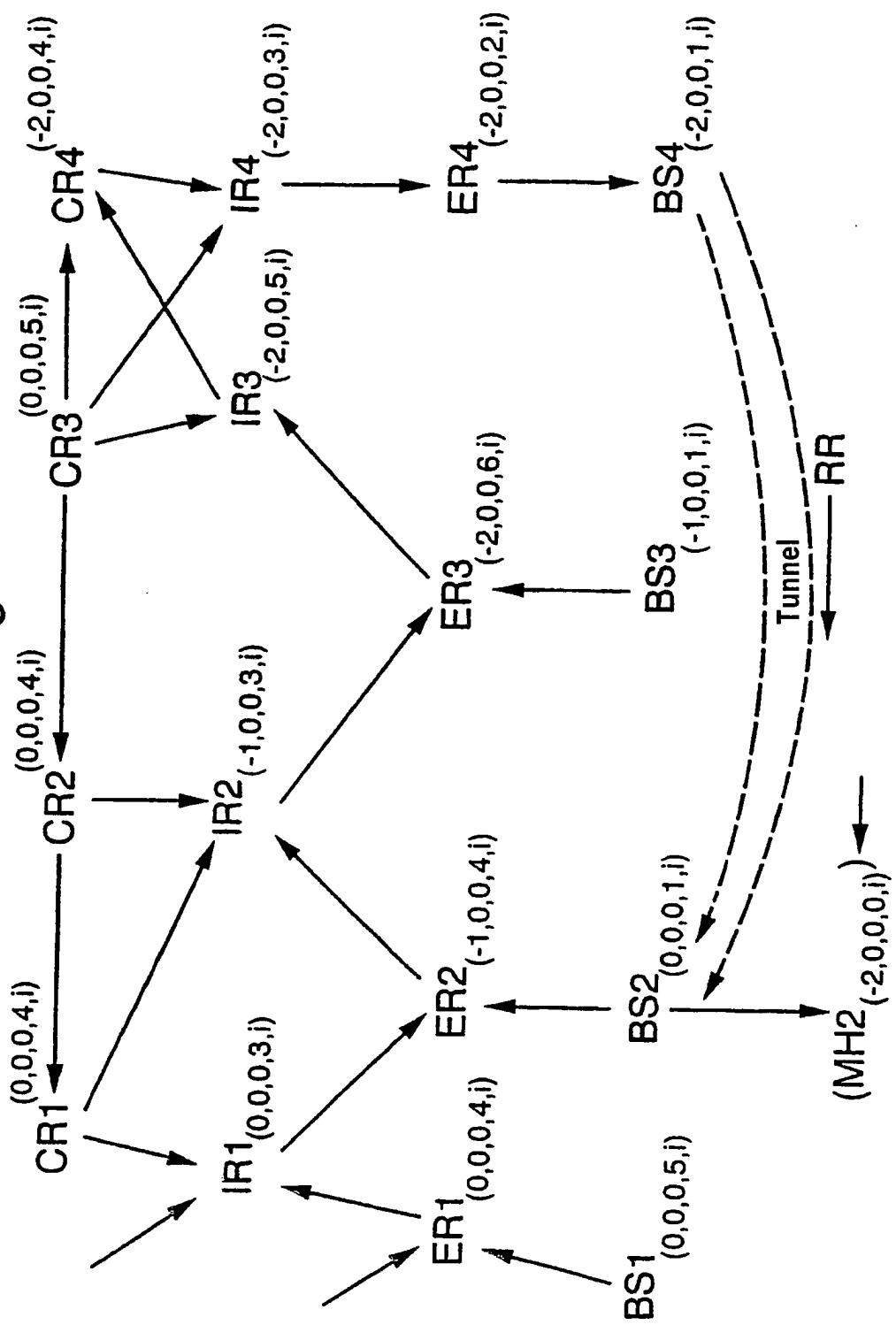


Fig. 18

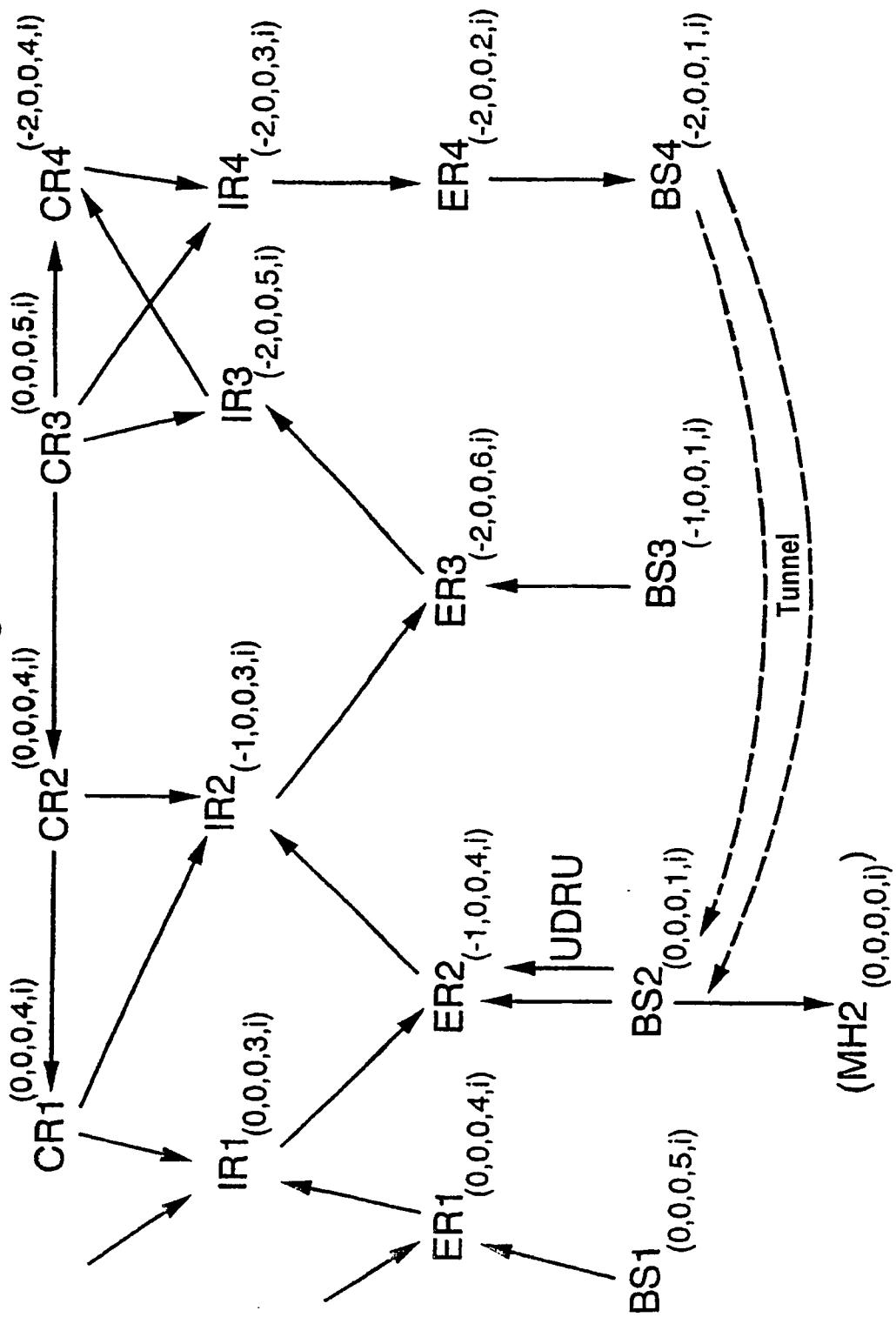


Fig. 19

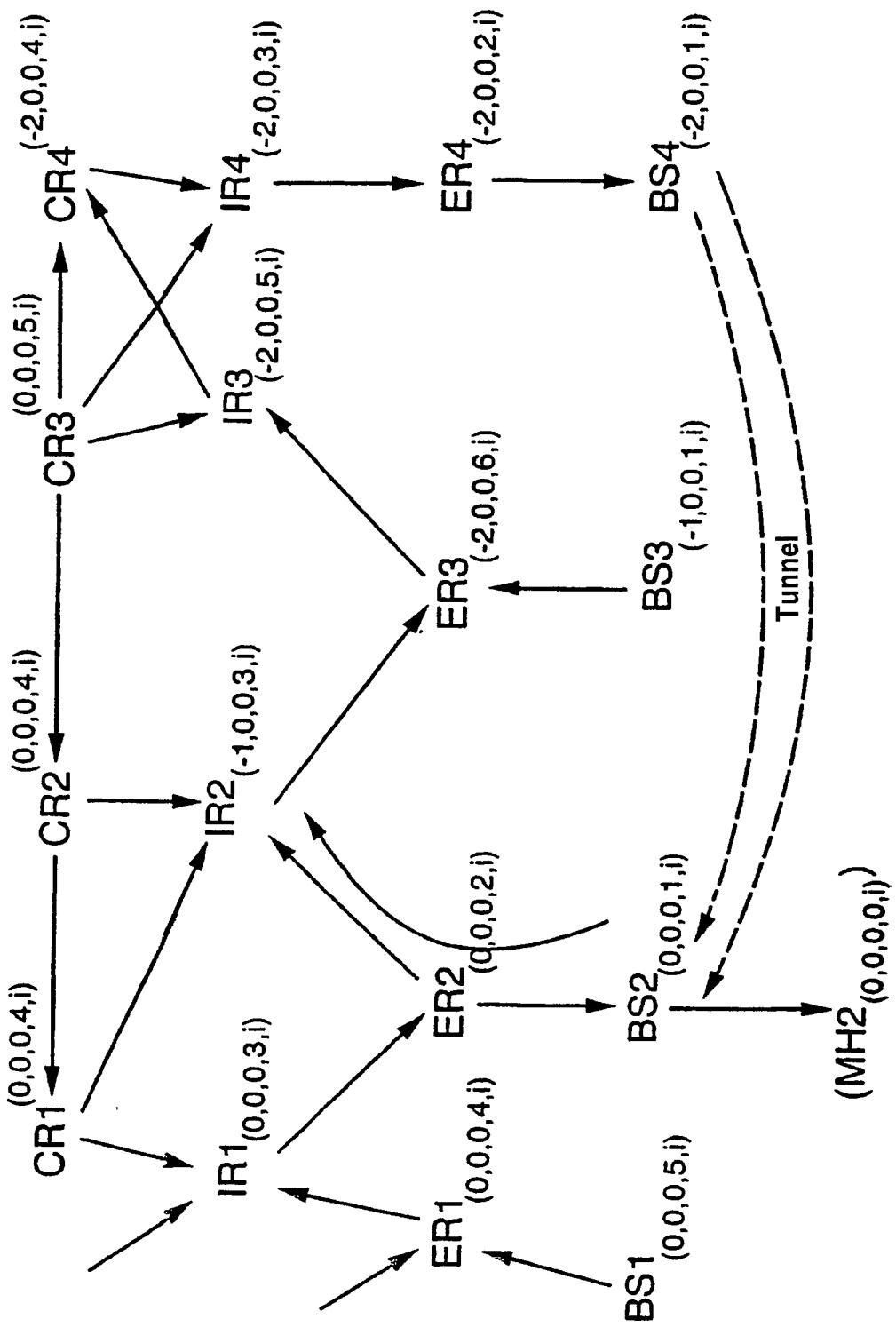


Fig.20

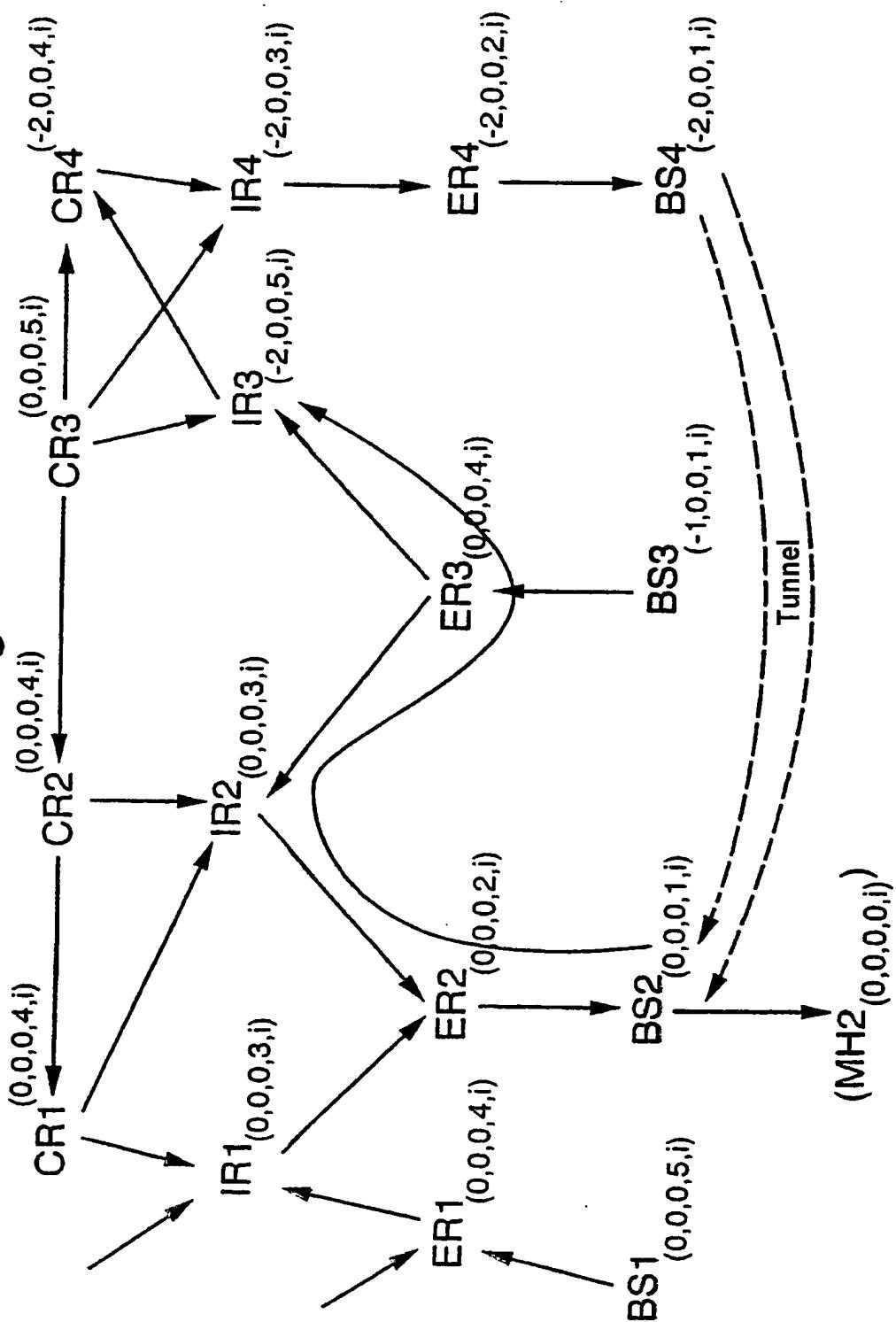


Fig.21

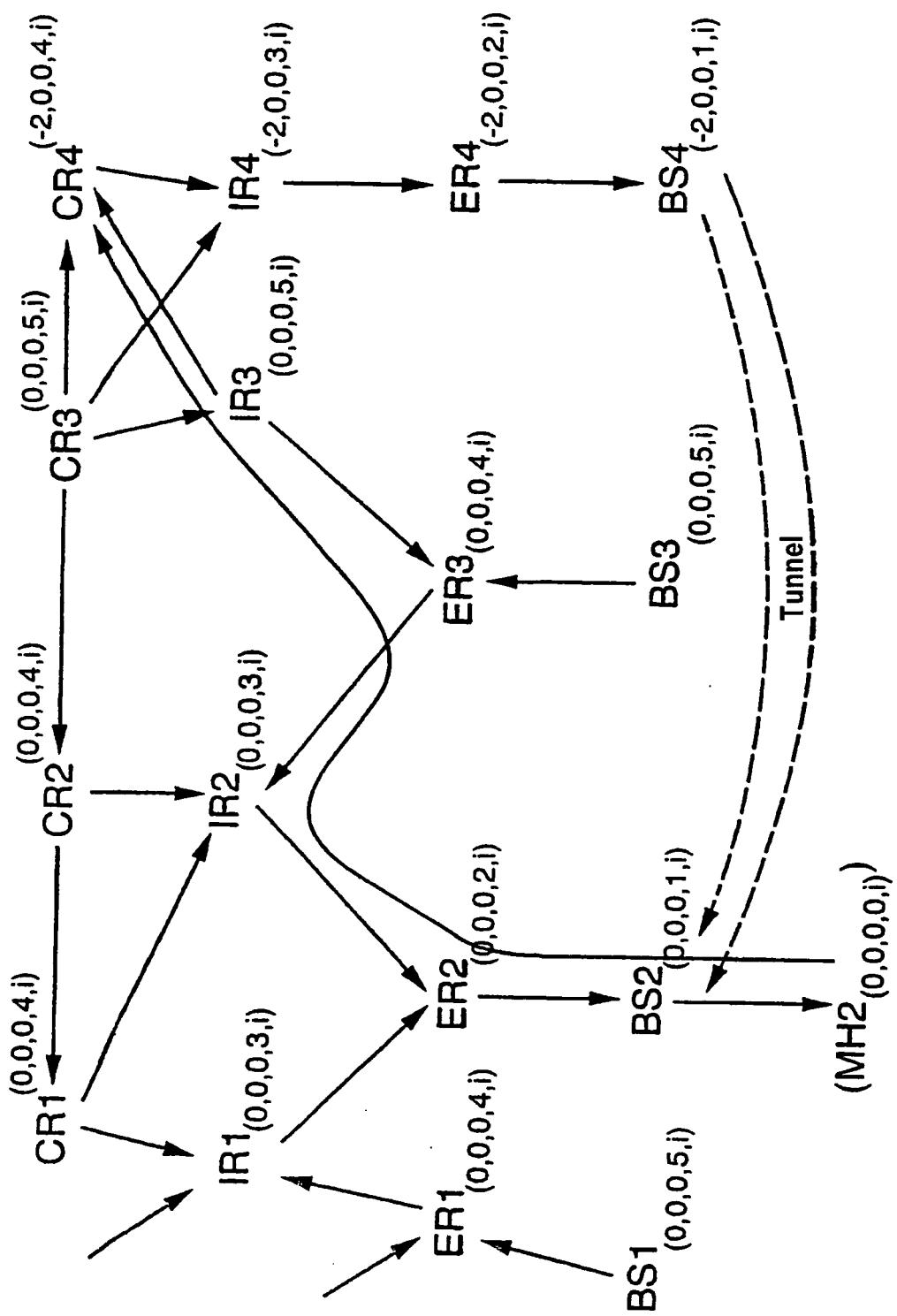


Fig.22

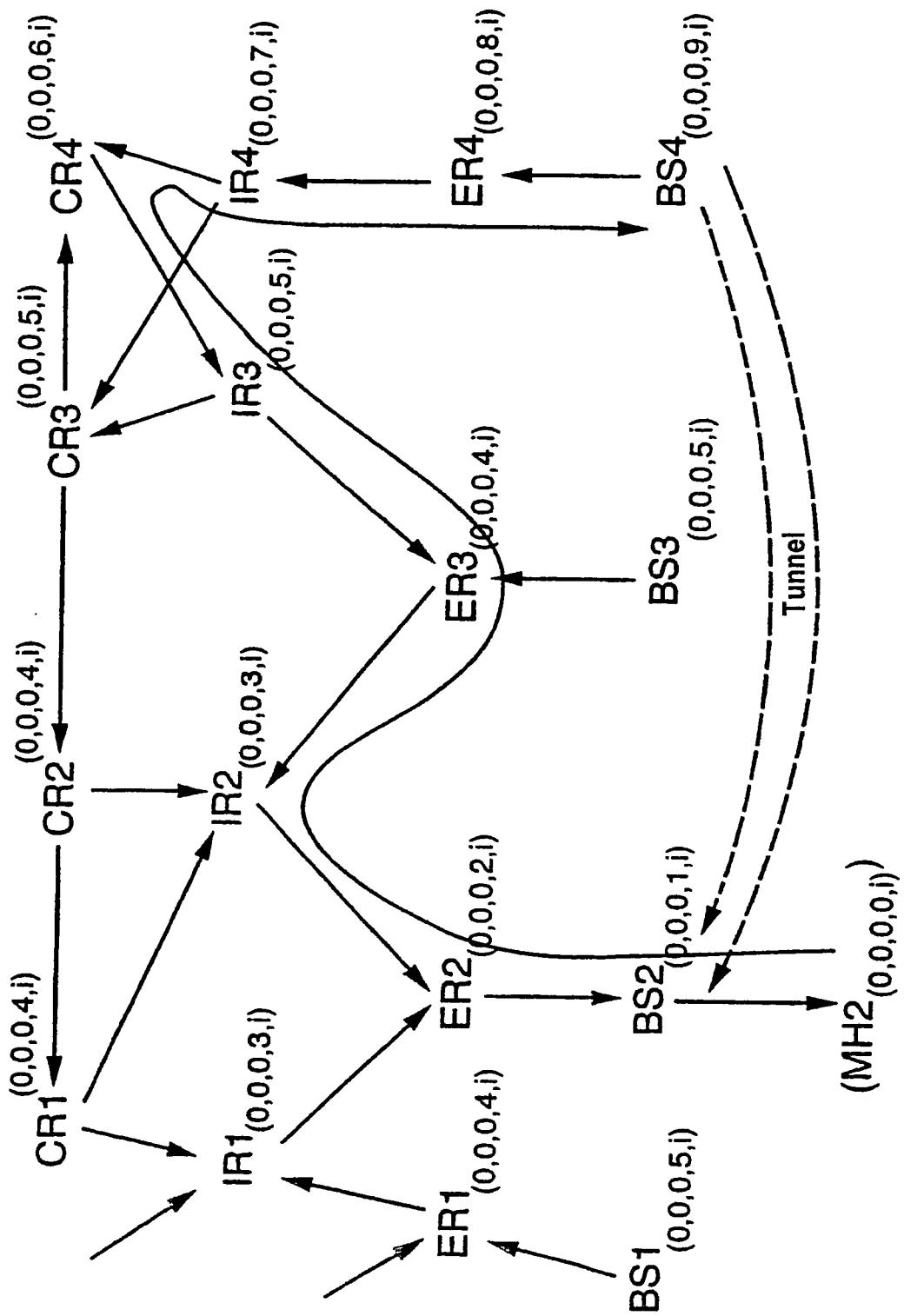


Fig. 23

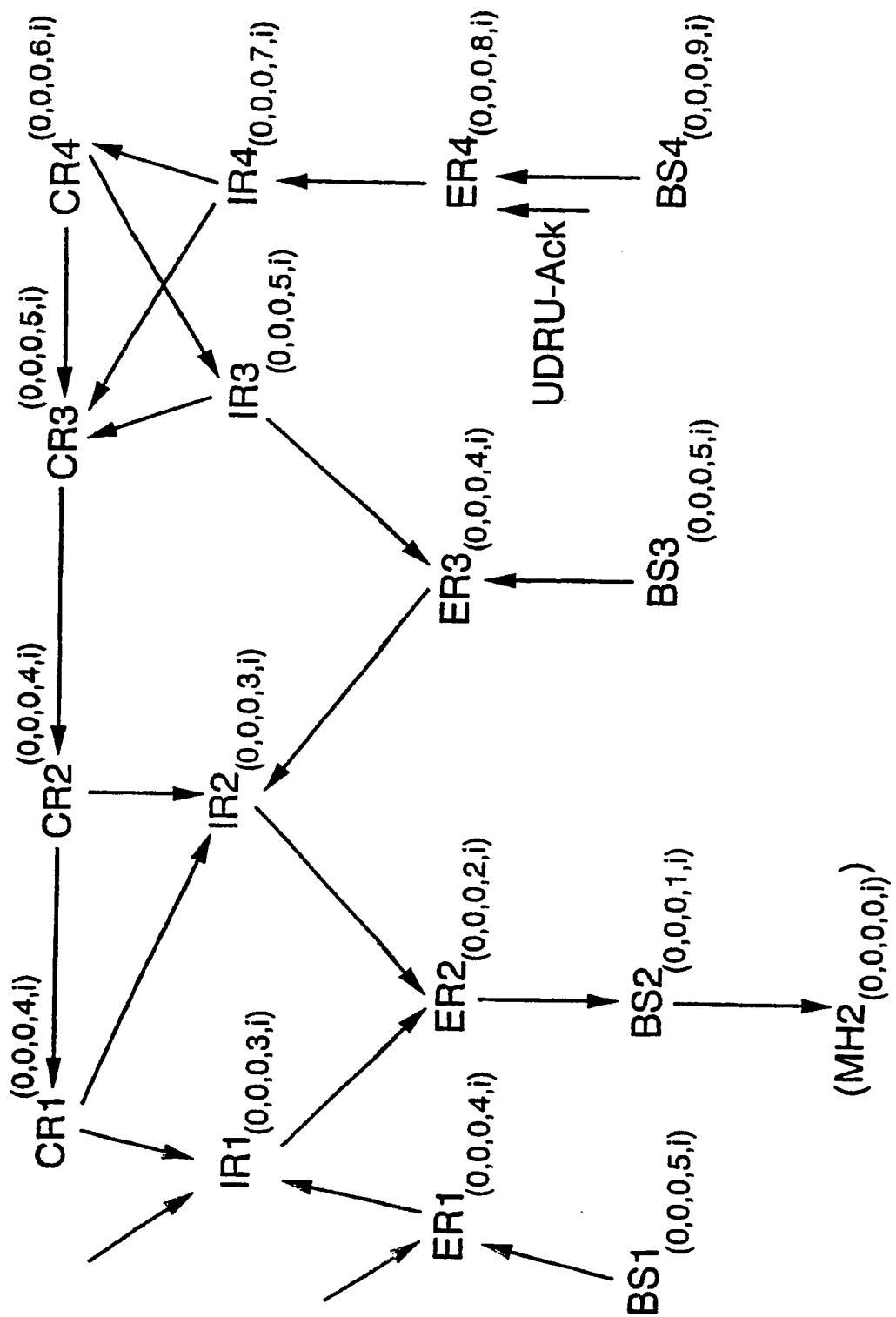


Fig.24

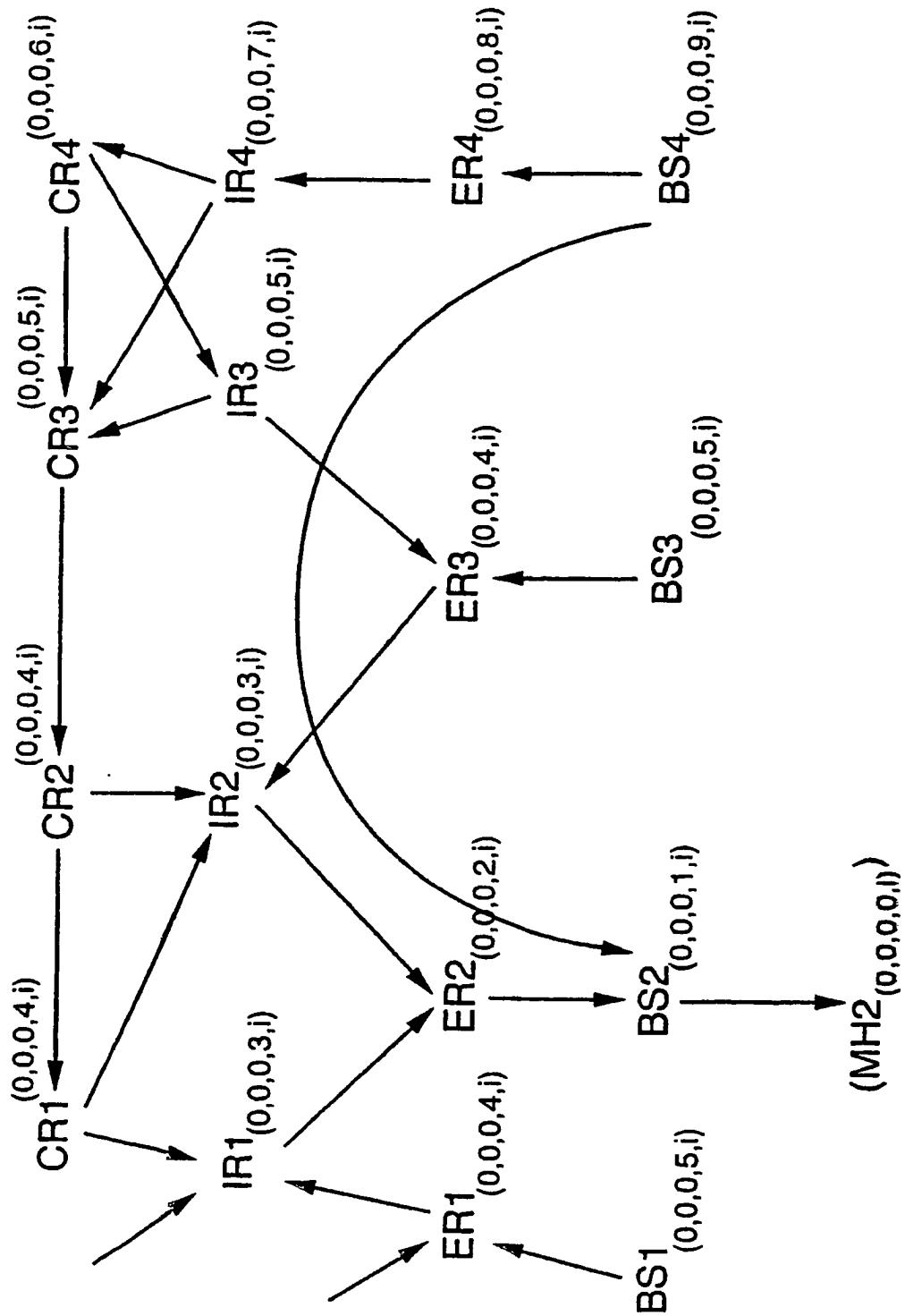


Fig. 25

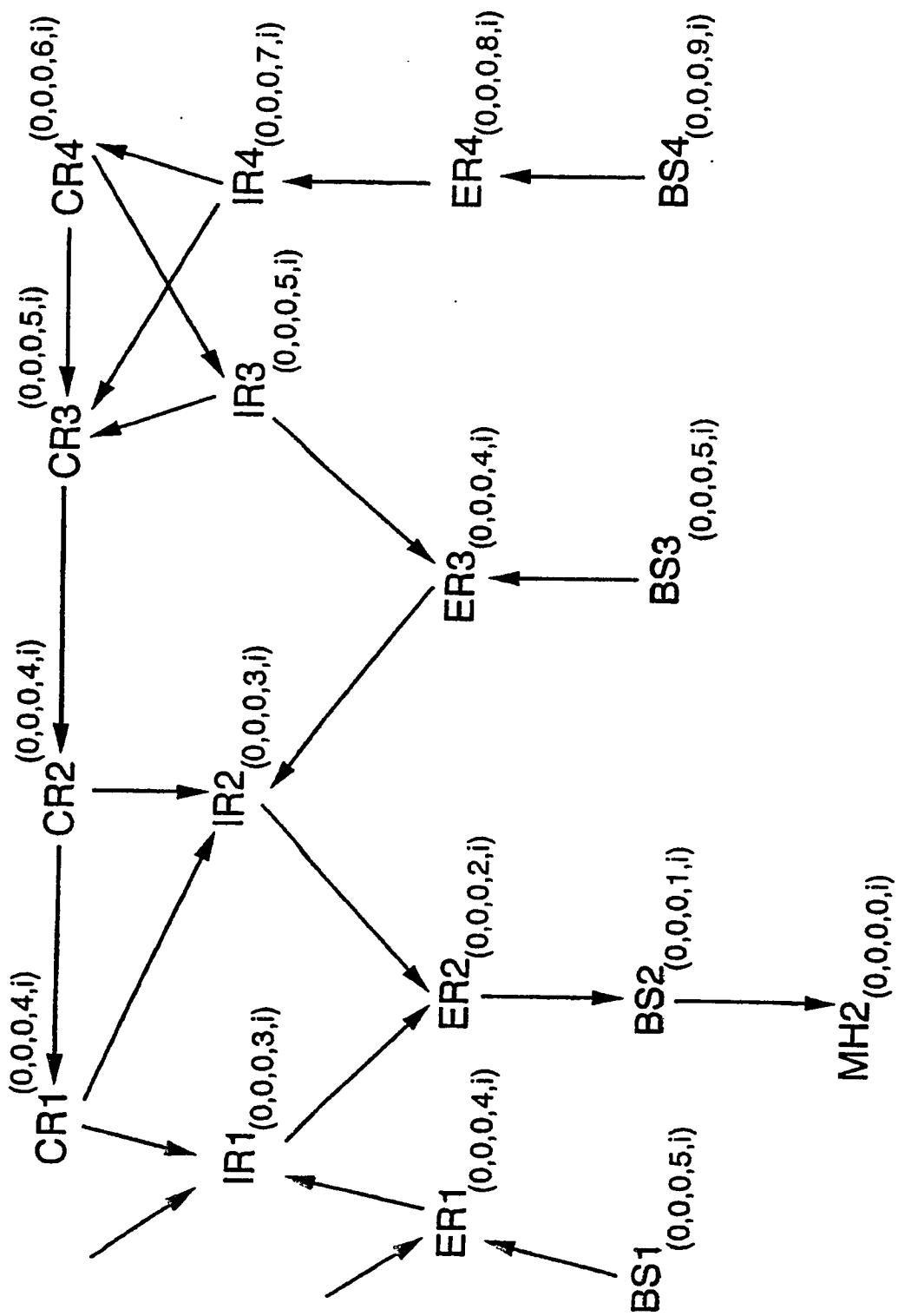


Fig.26

IP-Adresse des Hosts (oder Präfix)	Eigene Höhe	ID des Nachbarn	Höhe des Nachbarn	ID der Verbindg.	Zustand d. Verbindg.
IP1	Hi (IP1)	w	H Niw (IP1)	L1	u
		x	H Nix (IP1)	L2	D
		y	H Niy (IP1)	L3	D
		z	H Niz (IP1)	L4	—
IP2	Hi (IP2)	w	H Niw (IP2)	L1	D
		x	H Nix (IP2)	L2	u
		y	H Niy (IP2)	L3	u
		z	H Niz (IP2)	L4	—
•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•

Fig.27

IP-Adresse des Hosts (oder Präfix)	ID der Verbindg.
IP1	L2
IP2	L1
•	•
•	•