(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 130 741 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
24.08.2011 Patentblatt 2011/34

(51) Int Cl.:
B61L 25/02 *(2006.01)* *B61L 27/00* *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **09006432.0**

(22) Anmeldetag: **13.05.2009**

(54) **Verfahren und Vorrichtungen zur Lokalisierung von Zügen in einem Schienennetz**

Method and device for localising trains in a rail network

Procédé et dispositif de localisation de trains dans un réseau ferré

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorität: **02.06.2008 DE 102008026253**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
09.12.2009 Patentblatt 2009/50

(73) Patentinhaber: **Deutsche Telekom AG**
53113 Bonn (DE)

(72) Erfinder: **Wörner, Andreas, Dr.**
65795 Hattersheim (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 1 923 850
WO-A1-01/87685
DE-A1- 10 225 033
GB-A- 2 273 424
US-A1- 2003 096 621

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 130 741 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Lokalisierung von Zügen in einem Schienennetz nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie ein das Verfahren durchführendes System und eine Zentrale dafür nach dem Oberbegriff eines der nebengeordneten Ansprüche.

[0002] Die Lokalisierung von Zügen ist an sich bekannt und wird durch den jeweiligen Betreiber des Schienennetzes mittels eigener Netzsysteme durchgeführt. Dazu wird z.B. ein wie in der DE4235105 A1 beschriebenes Verfahren verwendet, bei dem über ein leitungsgebundenes Netzwerk eine sog. Linien-Zugbeeinflussung erfolgt. Die Zugbeeinflussung und Lokalisierung kann auch über Funknetze der Betreiber durchgeführt werden, wobei dann von der sog. Funk-Zugbeeinflussung gesprochen wird. Auch die GB 2 273 424 A offenbart ein derartiges System.

[0003] Die Betreiber von Schienennetzen, wie z.B. die Deutsche Bahn AG, verwenden diese Verfahren und Systeme, um insbesondere aus Sicherheitsgründen die Aufenthaltsorte der Züge zu detektieren. Die Informationen über die Aufenthaltsorte bzw. die Lokalisierung der Züge wird aber auch dazu verwendet, die Kunden über die Planmäßigkeit der Züge zu informieren, z.B. durch Lautsprecheransagen am Bahnsteig oder durch aktualisierte Ankunft-/Abfahrtspläne im Internet. Hierbei besteht aber ein Interessenskonflikt des Betreibers: Zum einen möchte er sicherlich seine Kunden umfassend informieren, zum anderen möchte er sich aber möglichst positiv darstellen und gibt deshalb nur bedingt Auskunft über auftretende Zugverspätungen. Der Kunde ist also auf die Auskunftsdienste des Schienennetz- bzw. Bahn-Betreibers angewiesen. Wünschenswert wäre die Möglichkeit für eine vom Betreiber unabhängigen Lokalisierung und Überwachung des Schienenverkehrs, aus der sich Aussagen über die Planmäßigkeit der Züge gewinnen ließe.

[0004] Im Bereich des Straßenverkehrs gibt es bereits technische Vorschläge, die eine Lokalisierung von Fahrzeugen ermöglichen. Dabei wird auch auf bestehende Mobilfunknetze zurückgegriffen.

[0005] In der DE 102 25 033 A1 wird z.B. ein Verfahren beschrieben, bei dem in einem Mobilfunksystem für jeweils einen Aufenthaltsbereich, der sog. Location Area, eine Auswertung von kollektiv erfassten Daten in Form von Location Updates erfolgt (s. dort u.a. Anspruch 1). Durch eine Geo-Referenzierung werden konkrete Streckenabschnitte den Aufenthaltbereichen zugeordnet und anschließend werden die beim Location Update erfassten Daten mit Zeitmarken versehen. Das Problem der Lokalisierung und Verfolgung von Zügen wird dort nicht behandelt.

[0006] In der DE 103 33 793 A1 wird ein Verfahren beschrieben, bei dem auf Funkzellen-Ebene individuelle Daten einzelner Mobilfunkgeräte ausgewertet werden, um Anzahl und/oder Geschwindigkeit der sich in den einzelnen Funkzellen bewegenden Mobilfunkgeräte zu ermitteln. Außerdem werden auch Anzahl der sich nicht bewegenden Mobilfunkgeräte ermittelt und mit den vorigen Daten verglichen, um eine Verkehrsinformation zu generieren (s. dort u.a. Anspruch 1). Auch hier wird das Problem der Lokalisierung von Zügen nicht behandelt.

[0007] In der EP 17 42 190 A2 wird ein Verfahren beschrieben, bei dem für einen mehrere Funkzellen umfassenden Bereich die Daten erhoben und ausgewertet werden (s. dort u.a. Zusammenfassung). Hierzu wird beim Eintritt jeweils eines Mobilfunkgerätes in den Bereich die Identifikation der ersten Funkzelle dieses Bereiches erhoben und mit einem Zeitstempel versehen. Wenn dann beim Wechsel in einen nächsten Bereich werden dort auch die entsprechenden Daten erhoben werden, so kann aus dem Vergleich der Daten eine Reisezeit ermittelt werden. Allerdings wird auch hier das Problem der Lokalisierung von Zügen nicht behandelt.

[0008] Die vorliegende Erfindung sich aber mit der Fragestellung, wie aus Mobilfunkdaten Züge betreiberunabhängig lokalisiert sowie über das Schienennetz verfolgt und hieraus Informationen über die Planmäßigkeit der Züge gewonnen werden kann.

[0009] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Lokalisierung von Zügen in einem Schienennetz sowie ein System und eine Zentrale dafür vorzustellen, die in vorteilhafter Weise für einen vom Schienennetz- oder BahnBetreiber unabhängigen Einsatz geeignet sind.

[0010] Insbesondere soll ein Verfahren und Vorrichtungen vorgeschlagen werden, die zur Lokalisierung von Zügen in einem Schienennetz, das im Versorgungsbereich eines zellulären Mobilfunksystems liegt, in dem Mobilfunkgeräte eingebucht sind, geeignet sind, wobei sich zumindest ein Teil der Mobilfunkgeräte in den Zügen befindet, die sich durch räumliche Bereiche des Mobilfunksystems entlang mindestens eines Schienenweges bewegen.

[0011] Um die obige Aufgabe zu erzielen, stellt die vorliegende Erfindung ein Verfahren vor, bei dem für benachbarte räumliche Bereiche, zu denen mindestens ein Schienenweg zuordnenbar ist, kollektive Daten erfasst werden, die für eingebuchte Mobilfunkgeräte Wechselzeitpunkte für Wechsel zwischen den benachbarten räumlichen Bereichen anzeigen; und bei dem mittels Auswertung der kollektiven Daten für mehrere eingebuchte Mobilfunkgeräte gemeinsame Wechselzeitpunkte ermittelt und als zuordnenbar zu Zügen erkannt werden, die auf dem mindestens einen Schienenweg verkehren, wobei mittels Vergleich der gemeinsamen Wechselzeitpunkte mit planmäßigen Wechselzeitpunkten, die z.B. durch Fahrplandaten und/oder statistischer Auswertung der kollektiven Daten gewonnen werden können, für verkehrende Züge der jeweilige gemeinsame Wechselzeitpunkt einem Zug zugeordnet wird, um den Zug im Schienennetz zu identifizieren und zu lokalisieren.

[0012] Demnach können die bereits im Mobilfunksystem implementierten Abläufe zur Verfolgung von Mobil-

funkgeräten, wie z.B. das sog. Location Update, genutzt werden, um Züge betreiberunabhängig zu lokalisieren. Werden Bereiche betrachtet, die Bahnhöfe abdecken, so kann die Bestimmung der planmäßigen Wechselzeiten bereits durch Zugriff auf die üblichen Fahrplandaten erfolgen, der z.B. leicht über Abfragen von den im Internet und/oder auf CD-ROM abgelegten Fahrplänen, realisiert werden kann. Alternativ oder zusätzlich dazu können insbesondere für beliebige Streckenabschnitte die planmäßigen Wechselzeitpunkte durch statistische Auswertung der dort erhobenen kollektiven Daten ermittelt werden.

[0013] Die erfindungsgemäße Lokalisierung und Verfolgung von Zügen wird durch ein vom Betreiber des Schienennetzes unabhängig arbeitendes System ermöglicht und kann somit jederzeit und ohne Einschränkung genutzt und den Kunden zur Verfügung gestellt werden. Die Lokalisierung und Verfolgung von Zügen kann der Kunde beispielsweise über einen entsprechenden mobilen und vorzugsweise internetgestützten Datendienst nutzen und kann sich somit über den aktuellen Aufenthaltsort sowie über evtl. Verspätungen von Zügen informieren lassen.

[0014] Das erfindungsgemäße Verfahren wird also bevorzugt innerhalb eines Mobilfunksystems durch Auswertungen von Mobilfunksignalen bzw. -daten realisiert, die von Mobilfunkgeräten erfasst werden, welche sich in Zügen befinden und welche somit durch den räumlichen Bereich bewegt werden. Das Verfahren ist hier bestens dafür geeignet, auf der Basis von netzseitig erfassten Mobilfunkdaten zeitnah die gehäufte Bewegung und/oder den Aufenthalt von vielen Mobilfunkgeräten im Versorgungsbereich von Schienennetzen zu erkennen und somit die Lokalisierung von Zügen durchzuführen. Die kollektiv erfassten Signale sind also Mobilfunksignale von in den Zügen befindlichen Mobilfunkgeräten, wobei die Signale zentral erfasst und ausgewertet werden. Durch die Auswertung von diesen bereits vorhandenen und zahlreich erfassbaren Signalen wird eine ausreichend große Datenbasis geschaffen, die eine fundierte Lokalisierung und Verfolgung eines einzelnen Zuges ermöglicht.

[0015] Vorzugsweise ist das Verfahren so ausgestaltet, dass jeder gemeinsame Wechselzeitpunkt für mehrere Mobilfunkgeräte den zeitgleichen Eintritt in und/oder den zeitgleichen Austritt aus dem jeweiligen räumlichen Bereich angibt.

[0016] Zumindest für räumliche Bereiche, die Bahnhöfe abdecken, können die planmäßigen Wechselzeitpunkte leicht aus Fahrplandaten eines Bahnbetreibers abgeleitet werden.

[0017] Zumindest für räumliche Bereiche, die keine Bahnhöfe, sondern beliebige Streckenabschnitte, abdecken, werden die planmäßigen Wechselzeitpunkte bevorzugt durch eine mehrmals, insbesondere tageweise, wiederholte Auswertung der kollektiven Daten ermittelt, wobei erkannt wird, ob gemeinsame Wechselzeitpunkte auch planmäßige Wechselzeitpunkte repräsentieren.

[0018] Zumindest für Streckenabschnitte auf denen mehrere Züge zeitnah verkehren werden über mehrere benachbarte räumliche Bereiche die kollektiven Daten, die als einem Zug zuordnenbar erkannt werden, für eine zeitliche und räumliche Verfolgung der Züge ausgewertet.

[0019] Bevorzugt wird jeweils ein aktuell ermittelter gemeinsamer Wechselzeitpunkt mit mindestens einem planmäßigen Wechselzeitpunkt verglichen, um eine Abweichung festzustellen, die eine Verspätung eines Zuges anzeigt, dem der planmäßige Wechselzeitpunkt zuordnenbar ist.

[0020] Vorzugsweise werden aus den kollektiven Daten oder aus den daraus ermittelten Wechselzeitpunkten kollektive Reisezeiten bestimmt, die jeweils die Durchfahrtsdauer eines Zuges durch den räumlichen Bereich angeben. Dabei ist es von Vorteil, wenn mittels der kollektiven Reisezeiten verschiedene Arten von Zügen erkannt werden, um aus den Wechselzeitpunkten mehrerer eingebuchter Mobilfunkgeräte die gemeinsamen Wechselzeitpunkte zu ermitteln und den Zügen zuzuordnen.

[0021] Diese und weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich auch aus den Unteransprüchen.

[0022] Demnach ist es vorteilhaft, wenn das erfindungsgemäße Verfahren auch zumindest einen der folgenden optionalen zusätzlichen Schritte umfasst:

- Zuordnung der kollektiven Daten zu Zügen anhand von Kennungen einzelner Mobilfunkgeräte;
- Verfolgung von Zügen anhand von Kennungen einzelner Mobilfunkgeräte;
- zur Identifizierung von Zügen Vergleich der Wechselzeitpunkte mit planmäßigen Wechselzeitpunkten, die für den jeweiligen Bereich gelten, wobei der jeweilige Bereich einen beliebigen Streckenabschnitt oder einen Bahnhof abdeckt;
- über mehrere Tage wiederholte Analyse (Offline) der Wechselzeitpunkte zur Bestimmung von planmäßigen Wechselzeitpunkten, die auch für Bereiche gelten, die keinen Bahnhof abdecken;
- Identifizierung von Fahrstrecken von Zügen mittels Vergleich der für mehrere Bereiche aktuell ermittelten Wechselzeitpunkten mit planmäßigen Wechselzeitpunkten.

[0023] Die kollektiven Daten können mittels einer, insbesondere statistischen, Auswertung von Eintritts- und Austrittszeitpunkten bestimmt werden, die den Eintritt in den Bereich bzw. den Austritt aus dem Bereich der aktiven und nicht-aktiven Mobilfunkgeräte anzeigen. Dies erfolgt vorzugsweise im Zusammenhang mit dem an sich im Mobilfunksystem durchgeführten Location-Update-Verfahren.

[0024] Um die Lokalisierung noch genauer durchführen zu können, kann mittels einer Auswertung von individuellen Daten, die die Präsenz einzelner aktiver Mobilfunkgeräte in Unterbereichen des räumlichen Bereichs

anzeigen, eine Lokalisierung des Zuges in einem einzelnen Unterbereich durchgeführt werden. Dabei entspricht der räumliche Bereich einem Funkversorgungsbereich des zellulären Mobilfunksystems und die Unterbereiche sind einzelne oder mehrere Funkzellen dieses Funkversorgungsbereiches. In diesem Zusammenhang können dann die individuellen Daten z.B. mittels einer Auswertung von Daten für einen Funkwechsel zwischen den Funkzellen bezüglich des Eintritts- und/oder Austritts der aktiven Mobilfunkgeräte ermittelt werden.

[0025] Außerdem kann die Auswertung der individuellen Daten durch zusätzliche Daten oder Angaben über die Sende- und/oder Empfangsfeldstärke von Mobilfunksignalen ergänzt werden, um eine noch genauere Lokalisierung des Zuges innerhalb eines Unterbereichs, also z.B. innerhalb einer Funkzelle, durchführen zu können.

[0026] Im folgenden werden nun die Erfindung und die sich daraus ergebenden Vorteile im Detail anhand von Ausführungsbeispielen beschrieben, wobei auf die beiliegenden Zeichnungen Bezug genommen wird:

Fig. 1 zeigt in schematischer Darstellung zwei angrenzende Funkversorgungsbereiche (Location Areas), durch die ein Schienenweg führt und in denen das Verfahren durchgeführt wird;

Fig. 2 zeigt in vereinfachter Darstellung die Ergebnisse aus einer zeitlichen Beobachtung bzw. Überwachung der kollektiven Reisezeiten innerhalb eines der beiden des Funkversorgungsbereiche;

Fig. 3 zeigt entsprechende Ergebnisse aus einer tageweise wiederholten Beobachtung bzw. Überwachung der kollektiven Reisezeiten;

Fig. 4 zeigt in ihre Funkzellen unterteilte Funkversorgungsbereiche, durch die zwei Schienenwege führen;

Fig. 5 zeigt ein Ablaufdiagramm für ein erfindungsgemäßes Verfahren.

[0027] Die Figur 1 zeigt in schematischer Darstellung einen Gebietsausschnitt mit zwei räumlichen Bereichen LA1 und LA2, die jeweils einem Funkversorgungsbereich (Location Area) eines zellulären Mobilfunknetzes entsprechen, auf welche das Verfahren exemplarisch angewendet wird. Jeder Bereich LA1 oder LA2 umfasst mehrere Funkzellen und wird von einem Schienenweg W durchzogen, auf dem verschiedene Züge Z, wie z.B. S-Bahnen des Nahverkehrs als auch ICE-Fernverkehrszüge, verkehren. Die Ein- und Austrittszeitpunkte werden dabei von allen Mobilfunkgeräten erfasst. Ein Wechsel von einem Bereich zum anderen wird von allen Mobilfunkgeräten gemeldet (schwarze Kreise) und als kollektive Daten erfasst. Die einzelnen Funkzellenwechsel mit weitergehenden Informationen bzw. individuellen Daten werden nur für aktive Endgeräte erfasst (offene Quadrate). Erfindungsgemäß kann bereits anhand der kollektiven Daten eine erste Lokalisierung eines Zuges durchgeführt werden, indem durch Datenauswertung gemeinsame Wechselzeitpunkte ermittelt werden, die durch Abgleich mit Fahrplandaten den einzelnen Zügen zugeordnet werden können.

[0028] Die Fig. 2 zeigt für den in Fig. 1 gezeigten Funkversorgungsbereich LA1 in vereinfachter Darstellung die Ergebnisse aus einer sich über einen Vormittag erstreckenden zeitlichen Beobachtung bzw. Überwachung der kollektiven Daten bzw. Rohdaten RDT und der sich ergebenden Häufungen von Wechselzeitpunkten als auch von kollektiven Reisezeiten zu verschiedenen Tageszeiten. Auf der Ordinate des Diagramms ist die Reisezeit TR aufgetragen, die als Differenz zwischen Austritts- und Eintrittszeit definiert ist und die Aufenthaltsdauer eines Mobilfunkgerätes angibt. Diese entspricht der Durchfahrtsdauer eines Zuge, wenn das jeweilige Mobilfunkgerät sich in diesem Zug befindet. Auf der Abszisse ist die Austrittszeit TA im Beobachtungszeitraum zwischen 5 Uhr morgens und 12 Uhr Mittags aufgetragen. Die jeweils im Rahmen eines. Location Updates erfassten Rohdaten RDT jedes einzelnen Mobilfunkgerätes sind als Messpunkte dargestellt. Die Daten RDT bilden Häufungen, die einzelnen Zügen entsprechen. Diese sind als offene Quadrate an der Position der mittleren Reisezeit und Austrittszeit dargestellt. Als zusätzliche Angabe könnte noch die Anzahl der zu den Häufungen gehörenden Einzeldaten angegeben werden. Erkennbar ist, dass es Bandbereiche gibt, in denen sich die erfassten Daten jeweils um eine typische Reisezeit häufen, wie z.B. um die Reisezeit TRu oder TRv. Jeder Bandbereich entspricht einer Klasse von Zügen. Hier wird beispielsweise eine Klasse von Zügen mit einer typischen kollektiven Reisezeit von ca. 240 Sekunden, also 4 Minuten, erkannt. Die kollektive Reisezeit TRv gehört hierzu und gibt z.B. einen schnell fahrenden Fernzug an. Eine weitere Klasse weist eine typische kollektive Reisezeit von ca. 420 Sekunden, also 7 Minuten, auf. Die kollektive Reisezeit TRu gehört hierzu und gibt z.B. einen langsamer fahrenden Nahverkehrszug an.

[0029] Einzelne Messdaten, die weit entfernt von diesen statistischen Häufungen bzw. außerhalb der Bänder liegen, können keiner entsprechenden kollektiven Reisezeit zugeordnet werden. Diese Streudaten stammen mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit von Mobilfunkgeräten, die sich nicht in einem Zug befinden, und werden deshalb ignoriert. Die hier ausgewerteten Rohdaten werden als kollektive Daten RDT beschrieben, um auszudrücken, dass sie kollektiv, z.B. im Rahmen des sog. Location Updates, erfasst werden können. Wie anhand der Fig. 2 veranschaulicht wird, können die kollektiven Daten RDT auch anzeigen, ob evtl. mehrere Mobilfunkgeräte kollektiv, d.h. gleichzeitig oder sehr zeitnah, zwischen Funkversorgungsbereich wechseln, was insbesondere bei Zügen der Fall ist. Denn nicht selten befinden sich in Zügen mehrere eingebuchte Mobilfunkgeräte (in Fern-

zügen durchaus 40 und mehr), für die quasi gleichzeitig ein Wechsel zwischen benachbarten Funkversorgungsbereichen erfolgt.

[0030] Bereits durch Auswertung der kollektiven Daten RDT kann erkannt werden, zu welchen Zeiten Züge im beobachteten Bereich verkehren. Anhand der kollektiven Reisezeiten TR kann zudem erkannt werden, ob der jeweilige Zug wahrscheinlich ein schneller oder langsamer Zug ist. Beispielsweise zeigt die Datenhäufung beim Austrittszeitpunkt TAu an, dass dort so um etwa 9:40 Uhr ein eher langsamer Zug Zu mit einer Reisezeit von etwa TRu = 400 sec zu beobachten ist. Beim Austrittszeitpunkt TAv, der bei 10:00 Uhr liegt, wird ein eher schneller Zug Zv mit einer Reisezeit von etwa TRv = 230 sec beobachtet.

[0031] Um die Züge konkret zu identifizieren, können die Daten mit Fahrplandaten abgeglichen werden, so dass jeweils ein bestimmter Zug lokalisiert werden kann. Dabei befindet sich der Funkversorgungsbereich z.B. an einem Bahnhof, für den die Fahrplandaten vorliegen. Die erfassten Wechsel- bzw. Austrittszeitpunkte TA werden dann mit den dortigen Abfahr- und/oder Ankunfts-Fahrplänen verglichen. Somit könnte z.B. die Datenhäufung bei TAv und TRv, dem Zug Zv zugeordnet, der für diese Uhrzeit, nämlich für 10:00 Uhr, im Fahrplan als "ICE 278" ausgewiesen ist. Sind die Daten erst einmal konkret einem Zug zugeordnet, so können diese mit Daten, die in weiteren Funkversorgungsbereichen entlang der Zugstrecke erfasst werden korreliert und abgeglichen werden. Somit ist eine fortlaufende Lokalisierung und Verfolgung einzelner Züge möglich.

[0032] Vorzugsweise wird die Datenerfassung regelmäßig wiederholt, insbesondere tageweise wiederholt, um planmäßige Wechselzeitpunkte zu ermitteln und evtl. Abweichungen zu erkennen.

[0033] In der Fig. 3 sind entsprechende Ergebnisse aus einer tageweise wiederholten Beobachtung bzw. Überwachung der erfassten kollektiven Daten RDT dargestellt. Erkennbar ist, dass sich das bereits in der Fig. 2 abzeichnende Muster von Tag zu Tag im wesentlichen wiederholt. Die anhand des Fahrplans identifizierten Züge sind durch Ellipsen markiert und mit der Zugnummer bezeichnet. Die schnellen Züge bilden die auf der Strekke verkehrenden ICE-Verbindungen, die langsameren Züge die S-Bahn-Verbindungen. Die Darstellung umfasst den Beobachtungszeitraum von drei Tagen, nämlich vom 10. bis zum 12 Juli.

[0034] Erkennbar ist, dass nur relativ wenige Züge größere Schwankungen bei den ermittelten Wechselzeitpunkten TA aufweisen. Beispielsweise liegt für die Züge Zy und Zz am 12. Juli die jeweilige Wechselzeitpunkt deutlich später als an den beiden Tagen zuvor. Diese Abweichung wird als Indikator für eine Verspätung des jeweiligen Zuges verstanden. Da die Reisezeiten TR sich für die Züge Zy und Zz nicht stark ändern, kann davon ausgegangen werden, dass die die Verspätungen schon beim Eintritt in den Funkversorgungsbereich vorhanden war. Auch die meisten der anderen Züge, wie z.B. die Züge Zu und Zv, weisen nur kleinere Schwankungen in der Reisezeit TR auf. Hingegen weisen die Züge Zw und Zx jeweils am 11. Juli jeweils eine stark abweichende Reisezeit auf. Für den Zug Zw liegt am 11. Juli die Reisezeit TRw11 sogar bei etwa 820 sec, was einer Verzögerung von etwa 600 sec gegenüber den Daten der anderen Tage entspricht. Die Erhöhung der Reisezeit TR wird hier als Indikator für eine in dem Funkversorgungsbereich herrschende Störung (z.B. Baustelle) erkannt, muss sich aber nicht besonders negativ auf eine Verspätung des Zuges auswirken, wie dies z.B. am gezeigten Beispiel der Züge Zw und Zx veranschaulicht wird.

[0035] Somit werden im wesentlichen die Abweichungen der Wechselzeitpunkte TA als Verspätungen von Zügen verstanden, die Abweichungen von Reisezeiten werden hingegen als lokale Störung angesehen. Sollte jedoch für denselben Zug in mehreren Funkversorgungsbereichen jeweils eine stark angestiegene Reisezeit zu beobachten sein, so wirkt sich die Akkumulierung der Reisezeiten als signifikante Verspätung des Zuges aus.

[0036] Mit dem hier beschriebenen Verfahren kann auf Routinen im Mobilfunksystem zurückgegriffen werden, mit denen sich ein Large-Area-Wechsel für alle Mobilfunkgeräte erkennen lässt. Dies kann bei den inaktiven Mobilfunkgeräten aus Daten der sog. Location-Update-Meldungen und bei aktiven Mobilfunkgeräten aus Daten der entsprechenden Handover-Meldung ermittelt werden. Dabei ist neben dem Wechselzeitpunkt zumindest die Large Area, aus der das Endgerät stammt, sowie die Large Area und Zelle, in die es gewechselt ist, bekannt.

[0037] Die eine Large Area durchquerenden Verkehrsströme machen sich dadurch bemerkbar, dass bestimmte Eintritts-Austrittskombinationen verstärkt auftreten. Aus dem Eintrittszeitpunkt TE in die Location Area und dem Austrittszeitpunkt TA aus der Location Area lässt sich die Reisezeit TR als Differenz von Austritts- zu Eintrittszeit berechnen (TR=TA-TE).

[0038] Da auf dieser Datenebene alle Mobilfunkgeräte erfasst werden, liegt bei dem derzeitigen Durchsetzungsgrad mit Mobilfunkgeräten eine ausreichende Anzahl an Einzelmessungen pro Zug vor. Durch statistische Methoden der Clusteranalyse lassen sich nun die einzelnen Häufungen erkennen und zu einzelnen Clustern zusammenfassen. Ein Cluster ist also definiert durch die Menge der zugehörigen Mobilfunkteilnehmer. Für die einzelnen Cluster können dann geeignete Kennzahlen (z.B. mittlere Reisezeit, mittlere Eintritts- oder Austrittszeit) ermittelt werden. Jedes dieser Cluster repräsentiert nun einen einzelnen Zug.

[0039] Erfasst und vergleicht man die Daten über mehrere Tage, so erscheint ein sich täglich wiederholendes Muster (siehe Fig. 3). Geht man davon aus, dass im Regelfall Züge planmäßig verkehren, lassen sich bereits hier Planabweichungen erkennen. Da der Austritt aus einer Large Area auch den Eintritt in die nächste Large Area darstellt, sind die Informationen derart verknüpft, dass sich ein Zug über den gesamten durch Daten abgedeckten Bereich verfolgen lässt. Selbst in dem Falle,

dass sich einzelne Züge in einem Streckenabschnitt nicht nur räumlich sondern auch zeitlich so überlappen, dass sie innerhalb einer Large Area nicht getrennt werden können und als ein Zug erscheinen, so kann dieser Umstand anhand der bekannten Menge der zugehörigen Mobilfunkteilnehmer der einzelnen Züge aus vorangegangenen oder folgenden Large Areas erkannt und korrekt zugeordnet werden (s. Fig. 4). Somit lässt sich für einen Zug die vollständige Route auf dem Streckennetz bestimmen, wobei für alle Large Area - Wechsel die Wechselzeitpunkte bekannt sind. Durch Vergleich mit dem Fahrplan lassen sich damit die einzelnen Züge identifizieren. In dem Beispiel lagen nur die Daten einer Large Area vor. Dennoch konnten bereits die meisten Züge allein schon durch Vergleich mit dem Ankunftsfahrplan des entsprechenden Zielbahnhofes eindeutig identifiziert werden (s. Fig. 3).

[0040] Hierdurch lassen sich bereits auf dieser Stufe Züge eindeutig identifizieren und in Echtzeit ihre Bewegung auf dem Netz verfolgen und durch Vergleich mit dem Soll-Eahrplan die Pünktlichkeit der Züge überwachen.

[0041] Um darüber hinaus die Züge noch genauer lokalisieren zu können, werden noch individuell auf Funkzellenebene ermittelte Daten der aktiven Mobilfunkgeräte ausgewertet.

[0042] Nachdem die einzelnen Züge identifiziert und die Menge der zugehörigen Teilnehmer bestimmt ist, kann nun anhand der individuellen Daten der Aufenthaltsort des Zuges noch genauer bestimmt werden. Die hierbei erreichbare Genauigkeit hängt von dem Informationsumfang auf dieser Datenebene ab. Liegen individuelle Daten eines zugehörigen Teilnehmers vor, so kann anhand der Informationen über die einzelnen Zellwechsel die Position des Zuges zumindest zellgenau festgestellt werden. Liegen weitere Informationen (z.B. Entfernungsangabe zur bedienenden Zelle, Empfangstärken) vor, so kann mithilfe dieser die Position auch genauer innerhalb der Zelle festgelegt werden.

[0043] Da zu einem Zeitpunkt nur ein Bruchteil der Mobilfunkgeräte aktiv ist, fallen die individuellen Daten weniger häufig an, als die zuvor betrachteten kollektiven Daten. Das Datenaufkommen auf dieser Ebene ist im Wesentlichen durch das Telefonierverhalten der Zugreisenden bestimmt. Dies dürfte aber heutzutage so beschaffen sein, dass eine nahezu vollständige Lokalisierung auf dieser Ebene erreichbar ist.

[0044] Zur Veranschaulichung zeigt die Fig. 4 mehrere in ihre Funkzellen unterteilte Funkversorgungsbereiche LA1, LA2, LA3 usw., durch die beispielsweise zwei Schienenwege W1 und W2 führen.

[0045] Innerhalb der Bereiche LA 1 und LA3 sind die beiden Züge Zu und Zv räumlich getrennt, d.h. sie haben unterschiedliche Kombinationen von Eingangszelle und Ausgangszelle und gehören somit unterschiedlichen Verkehrsströmen an.

[0046] Innerhalb des Bereiches LA2 gehören beide Züge Zu und Zv dem selbem Schienenweg bzw. Verkehrsstrom an (identische Eingangs- und Ausgangszelle). Da aber in der Regel Züge innerhalb eines solchen Bereiches zeitlich ausreichend voneinander getrennt sind, können sie einzeln identifiziert werden (siehe auch Fig. 2 und 3). Sollten jedoch Züge sich auch zeitlich so überlappen, dass innerhalb des Bereiches LA2 keine Trennung möglich ist, so lässt sich dies anhand der zugehörigen Menge an Mobilfunkteilnehmern erkennen, da die den einzelnen Zügen zugehörige Menge anhand der anderen Bereiche LA1 und LA2 bekannt ist.

[0047] Anhand der Figur 5 wird nachfolgend dieses Verfahren anhand des dort exemplarisch dargestellten Ablaufsdiagramms beschrieben.

[0048] Zunächst werden in einem Schritt 110 für einen Funkversorgungsbereich als Rohdaten bzw. Eingangsdaten kollektive Daten RDT erfasst, die Austrittszeitpunkte (s. TA in Fig. 2) von eingebuchten Mobilfunkgeräten in diesem Funkversorgungsbereich anzeigen. Diese Zeitpunkte werden hier als Wechselzeitpunkte TA beschrieben, um auszudrücken, dass anstelle von oder zusätzlich zu den Austrittszeitpunkten TA auch Eintrittszeitpunkte erfasst werden könnten. Die Rohdaten werden hier als kollektive Daten RDT beschrieben, um auszudrücken, dass sie kollektiv, z.B. im Rahmen des sog. Location Updates, erfasst werden können. Zudem können diese Daten RDT anzeigen, ob evtl. mehrere Mobilfunkgeräte kollektiv, d.h. gleichzeitig oder sehr zeitnah, zwischen Funkversorgungsbereichen (siehe LA1, LA2... in Fig. 4) wechseln, was insbesondere bei Zügen der Fall ist. Denn nicht selten befinden sich in Zügen mehrere eingebuchte Mobilfunkgeräte (in Fernzügen durchaus 40 und mehr), für die quasi gleichzeitig ein Wechsel zwischen benachbarten Funkversorgungsbereichen (s. Fig. 4) erfolgt.

[0049] Somit kann dann in einer Schrittfolge 120 anhand der kollektiven Daten RDT und den ermittelten Wechselzeitpunkten festgestellt werden, ob eingebuchte Mobilfunkgeräte in einer größeren Anzahl gleichzeitig bzw. gemeinsam von einem Funkversorgungsbereich zum nächsten wechseln, so dass hieraus erkennbar ist, dass die entsprechenden kollektiven Daten RDT Zügen zugeordnet werden können. Andere Daten, die von einzelnen, z.B. in Autos befindlichen, Mobilfunkgeräten stammen, können verworfen werden.

[0050] Bei der im Schritt 120 durchgeführten Zuordnung der kollektiven Daten bzw. der entsprechenden Mobilfunkgeräte zu Zügen handelt es sich zunächst noch um eine abstrakte Zuordnung, weil die einzelnen Züge noch unbekannt und nicht identifiziert sind. Jedoch ermöglicht bereits diese abstrakte Zuordnung eine Verfolgung der unbekannten Züge (s. Schritt 130), um z.B. typische Bewegungsprofile zu erhalten, die Hinweise auf konkrete Züge geben können. Auch könnte anhand einer für mehrere Funkversorgungsbereiche durchgeführten Datenanalyse die Belastung des Schienennetzes an sich und die Häufigkeit von auftretenden Verspätungen ermittelt werden.

[0051] Die in den Schritten 110 und 120 durchgeführte

Auswertung der kollektiven Daten RDT umfasst beispielsweise auch eine statistische Auswertung der in Fig. 2 dargestellten Datenerhebung, bei der die Austrittszeitpunkte TA auf der X-Achse und die hier als Reisezeit TR beschriebene Differenz von Austrittszeit TA und Eintrittszeit TE auf der y-Achse aufgetragen werden. Die Reisezeit TR gibt die jeweilige Aufenthaltsdauer eines Mobilfunkgerätes in einem Funkversorgungsbereich an und tritt insbesondere im Falle von Zügen in Clusterform auf, so wie es die Fig. 2 darstellt. Dadurch kann erkannt werden, welche der erfassten Rohdaten RDT zu kollektiv sich bewegenden Mobilfunkgeräten gehören. Sofern die Rohdaten RDT Häufungen von Reisezeiten TR zu bestimmten Austrittszeitpunkten TA aufweisen, wird erfindungsgemäß angenommen, dass es sich um Mobilfunkgeräte von kollektiv in Zügen reisender Personen handelt. Deshalb werden diese Reisezeiten (z.B. TRu und TRv in Fig. 2) hier als kollektive Reisezeiten beschrieben, die jeweils einem Zug zugeordnet werden können.

[0052] Durch eine Datenanalyse der kollektiven Reisezeiten ist z.B. auch eine Differenzierung zwischen verschiedenen Zugtypen möglich. Denn die relativ langen Reisezeiten, wie z.B. TRu, zeigen eher langsam fahrende oder oft haltende Züge an, wie z.B. die S-Bahn Zu. Die kurzen Reisezeiten zeigen eher schnelle Fernzüge an, wie z.B. den Schnellzug bzw. InterCityExpress Zv. Auch wenn hier noch keine konkrete Datenzuordnung zu Zügen möglich ist, wie z.B. die Zuordnung der Daten TRv und TAv zum ICE278 (s. Fig. 3), so kann bereits diese Datenanalyse ergeben, ob eventuell einzelne Züge nicht planmäßig und insbesondere verspätet sind.

[0053] Die kollektiven Daten, die abstrakt Zügen zugeordnet werden können, werden in einem Schritt 130 über mehrere Funkversorgungsbereiche verfolgt, um zumindest abstrakte Profile zu ermitteln, die einzelne Züge repräsentieren. Dabei können insbesondere die jeweiligen gemeinsamen Wechselzeitpunkte erfasst und ausgewertet werden.

[0054] Zur Identifizierung einzelner Züge werden in einem Schritt. 140 die gemeinsamen Wechselzeitpunkte mit planmäßigen Wechselzeitpunkten verglichen, die im Teilschritt 139 bereit gestellt werden.

[0055] Beziehen sich die erhobenen Daten auf einen Funkversorgungsbereich, der einen Bahnhof abdeckt, so können als planmäßige Wechselzeitpunkte z.B. die Fahrplandaten oder davon abgeleitete Daten herangezogen werden. Durch Vergleich der gemessenen gemeinsamen Wechselzeitpunkte mit den Daten aus dem Ankunfts- und/oder Abfahrtsfahrplan für diesen Bahnhof können bereits Züge konkret identifiziert werden und auch ggf. festgestellt werden, ob einzelne Züge nicht planmäßig verkehren. Wenn z.B. die planmäßige Ankunftszeit der S-Bahn S41 bei 09:35 Uhr liegt (s. Fig. 2), so kann der anhand der am 10. Juli bis 12. Juli erhobenen Daten erkannte Zug Zu leicht als S-Bahn S41 identifiziert und lokalisiert werden.

[0056] Oder es wird beispielsweise für den Zug Zz (s. Fig. 3) am 12. Juli ein aktueller Wechselzeitpunkt TAz12 gemessen, der deutlich hinter den anderen Wechselzeitpunkten liegt und somit signifikant vom planmäßigen Zeitpunkt TAz abweicht. Der planmäßige Zeitpunkt kann aus dem Fahrplan abgeleitet werden und/oder kann auch durch statistische Auswertung der Rohdaten RDT ermittelt werden, indem geprüft wird, welcher Zeitpunkt oder zumindest enger Zeitraum vorherrscht und als planmäßiger Wechselzeitpunkt TAz angesehen werden muss. Wenn z.B. die planmäßige Ankunftszeit des ICE76 sowie auch des ICE600 bei 10:40 Uhr liegt, so lässt sich erkennen, dass beide Züge am 12. Juli deutliche Verspätungen von etwa 20 bzw. 30 Minuten aufweisen (s. Fig. 3).

[0057] Vorzugsweise werden im Schritt 139 die planmäßigen Wechselzeitpunkte nicht nur für Bahnhöfe, sondern für beliebige Streckenabschnitte ermittelt und für den Vergleich (Schritt 140) bereit gestellt. Dazu werden zuvor in Schritten 145 und 146 im Rahmen einer vorzugsweise Offline durchgeführten Datenanalyse bevorzugt die über mehrere Tage erhobenen Daten ausgewertet. Treten an der Grenze des jeweiligen Funkversorgungsbereichs an mehreren Tagen gemeinsame Wechselzeitpunkte gehäuft zu derselben Zeit auf, so repräsentieren diese Daten planmäßige Wechselzeitpunkte, die im Schritt 139 als Referenzdaten zur Verfügung gestellt werden. Durch die schon im Schritt 130 durchgeführte Verfolgung kann dann im Schritt 140 eine genaue Identifizierung und Lokalisierung von konkreten Zügen durchgeführt werden.

[0058] Beispielsweise kann ermittelt werden, dass der ICE76 täglich in den Funkversorgungsbereich LA1 planmäßig um 10:30 Uhr eintritt und dann um 10:40 Uhr zum nächsten Funkversorgungsbereich LA2 wechselt. Um 11:15 Uhr wechselt der ICE 76 dann in den Funkzellenbereich LA3 usw..

[0059] Diese im Schritt 139 bereit gestellten Daten beziehen sich auf beliebige Streckenabschnitte und umfassen also die Zugidentität, den Ort des Wechsels (Übergang von einem Funkversorgungsbereich zum nächsten) sowie den jeweiligen Zeitpunkt. Um zuverlässige Daten zu haben wurde im Offline-Schritt 145 durch Vergleich mit Fahrplandaten die jeweils Online durchgeführte Zugidentifizierung (Schritt 140) verifiziert. Dabei kann auf Basis der über mehrere Tage erhobenen Daten u.a. festgestellt werden, ob die jeweils aktuell (im Schritt 140) erfolgte Zugidentifizierung korrekt ist. Beispielsweise werden im Schritt 145 Fahrplanänderungen erkannt, oder es wird erkannt, dass auf dem betrachteten Strekkenabschnitt z.B. ein Sonderzug verkehrt, der fälschlicherweise im Schritt 140 als Regelzug erkannt wurde. Diese und weitere Fehler können somit im Schritt 145 korrigiert werden. Im Schritt 146 können dann für den richtig erkannten Zug auf der betrachteten Strecke jeweils Ort und Zeitpunkt der Wechsel durch statistische Auswertung der Daten ermittelt werden.

[0060] Mit diesen dann im Block 139 vorliegenden genauen Daten kann u.a. Bestimmung von evtl. auftretenden Verspätungen (Schritt 150) präzisiert werden. Außerdem kann mit den Daten aus Block 139 die aktuelle

Identifizierung von Zügen im Schritt 140 genau für jeden beliebigen Streckenabschnitt durchgeführt werden. Die Züge sind somit auch abschnittsweise exakt lokalisierbar.

[0061] Bei Bedarf kann in einem Schritt 141 noch eine genauere Lokalisierung z.B. anhand von individuellen Daten erfolgen, die Hand-Over-Zeitpunkte, Feldstärke oder dergleichen angeben.

[0062] Anhand des im Schritt 140 durchgeführten Datenvergleichs können in einem Schritt 150 dann Verspätungen unabhängig vom Bahnbetreiber erkannt und dem Nutzer bzw. Kunden als Information zur Verfügung gestellt oder übermittelt werden. Hierzu kann z.B. die Übertragung einer entsprechenden Mobilfunknachricht, insbesondere einer SMS-Nachricht, dienen.

[0063] Die in der Fig. 5 durchgezeichneten Linien, die insbesondere die Blöcke mit den Verfahrensschritten 110, 120, 130, 140 und 150 verbinden, zeigen an, dass diese Verfahrensschritte fortlaufend in Echtzeit(Online) durchgeführt werden. Die gestrichelten Linien hingegen betreffen Schritte, die auch nicht in Echtzeit (Offline) durchgeführt werden können. Hierzu zählt der Schritt 146, bei dem über einen längeren Zeitraum eine statistische Analyse der Wechselzeitpunkte (Ein- bzw. Austrittszeiten) durchgeführt wird, mit der auch für Streckenabschnitte außerhalb von Bahnhöfen die planmäßigen Wechselzeitpunkte ermittelt werden können.

[0064] Zusammenfassend werden also hier ein Verfahren und Vorrichtungen vorgeschlagen, welche auf Basis von netzseitig erfassten Mobilfunkdaten zeitnah Züge lokalisieren und identifizieren und ihre Bewegung in Echtzeit auf dem Netz verfolgen kann. Aus diesen Informationen lässt sich auch die Einhaltung des Fahrplans überprüfen und Abweichung von selbigen quantifizieren. Das Verfahren stützt sich dabei im wesentlichen auf Informationen, die von allen Mobilfunkendgeräten erfasst werden. Eine genauere Lokalisierung der Züge kann dabei durch Verwendung der Informationen realisiert werden, die nur von aktiven Mobilfunkgeräten erfasst werden.

[0065] Das Verfahren ist prinzipiell über den Personenzugverkehr hinaus z.B. auch im Güterzugverkehr anwendbar, immer dann, wenn größere Mengen an Mobilfunkgeräten in räumlich klar abgegrenzten Bereichen transportiert werden, z.B. auch im Personenschiffsverkehr oder in der Containerschifffahrt, insbesondere auf Binnengewässern bzw. Flüssen, sofern eine ausreichende Anzahl der Container zu Telematikzwecken mit Mobilfunkendgeräten ausgestattet sind.

Patentansprüche

1. Verfahren (100) zur Lokalisierung von Zügen (Zu, Zv) in einem Schienennetz, das im Versorgungsbereich eines zellulären Mobilfunksystems liegt, in dem Mobilfunkgeräte eingebucht sind, wobei sich zumindest ein Teil der Mobilfunkgeräte in den Zügen (Zu, Zv) befindet, die sich durch räumliche Bereiche (LA1, LA2) des Mobilfunksystems entlang mindestens eines Schienenweges (W1, W2) bewegen, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:

   - für benachbarte räumliche Bereiche (LA1,LA2), zu denen mindestens ein Schienenweg (W1, W2) zuordnenbar ist, werden kollektive Daten (RDT) erfasst, die für eingebuchte Mobilfunkgeräte Wechselzeitpunkte (TA) für Wechsel zwischen den benachbarten räumlichen Bereichen (LA1, LA2) anzeigen (110);
   - mittels Auswertung der kollektiven Daten (RDT) werden für mehrere eingebuchte Mobilfunkgeräte gemeinsame Wechselzeitpunkte (TAu, TAv) ermittelt und als zuordnenbar zu Zügen (Zu, Zv) erkannt, die auf dem mindestens einen Schienenweg (W1, W2) verkehren (120);
   - mittels Vergleich der gemeinsamen Wechselzeitpunkte (TAu, TAv) mit planmäßigen Wechselzeitpunkten für verkehrende Züge (Zu, Zv) wird der jeweilige gemeinsame Wechselzeitpunkt (TAu) einem Zug (Zu) zugeordnet, um den Zug (Zu) im Schienennetz zu identifizieren und zu lokalisieren (140).

2. Verfahren (100) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder gemeinsame Wechselzeitpunkt (TAu) für mehrere Mobilfunkgeräte den zeitgleichen Eintritt in und/oder den zeitgleichen Austritt aus dem jeweiligen räumlichen Bereich (LA1; LA2) angibt.

3. Verfahren (100) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest für räumliche Bereiche, die Bahnhöfe abdecken, die planmäßigen Wechselzeitpunkte aus Fahrplandaten eines Bahnbetreibers abgeleitet werden (139) .

4. Verfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest für räumliche Bereiche, die keine Bahnhöfe, sondern beliebige Streckenabschnitte, abdecken, die planmäßigen Wechselzeitpunkte durch eine mehrmals, insbesondere tageweise, wiederholte Auswertung der kollektiven Daten (RDT) ermittelt werden, wobei erkannt wird, ob gemeinsame Wechselzeitpunkte (TAu, ... TAz) auch planmäßige Wechselzeitpunkte repräsentieren (146).

5. Verfahren (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest für Streckenabschnitte auf denen mehrere Züge zeitnah verkehren über mehrere benachbarte räumliche Bereiche die kollektiven Daten (RDT), die als einem Zug zuordnenbar erkannt werden, für eine zeitliche und räumliche Verfolgung der Züge ausgewertet werden (130).

6. Verfahren (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeweils ein aktuell ermittelter gemeinsamer Wechselzeitpunkt (TAz12) mit mindestens einem planmäßigen Wechselzeitpunkt (TAz) verglichen wird, um eine Abweichung festzustellen, die eine Verspätung eines Zuges (Zz) anzeigt, dem der planmäßige Wechselzeitpunkt (TAz) zuordnenbar ist (150).

7. Verfahren (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** aus den kollektiven Daten (RDT) oder aus den daraus ermittelten Wechselzeitpunkten (TA) kollektive Reisezeiten (TRu, TRv) bestimmt werden, die jeweils die Durchfahrtsdauer eines Zuges (Zu, Zv) durch den räumlichen Bereich (LA1) angeben (110).

8. Verfahren (100) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels der kollektiven Reisezeiten (TRu, TRv) verschiedene Arten von Zügen erkannt werden, um aus den Wechselzeitpunkten (TA) mehrerer eingebuchter Mobilfunkgeräte die gemeinsamen Wechselzeitpunkte (TAu, TAv) zu ermitteln und den Zügen (Zu, Zv) zuzuordnen (120).

9. Verfahren (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren auch zumindest einen der folgenden zusätzlichen Schritte umfasst:

   - Zuordnung der kollektiven Daten (RDT) zu Zügen (Zu, Zv) anhand von Kennungen einzelner Mobilfunkgeräte (120);
   - Verfolgung von Zügen (Zu, Zv) anhand von Kennungen einzelner Mobilfunkgeräte (130);
   - zur Identifizierung von Zügen (Zu, Zv) Vergleich der Wechselzeitpunkte (TA) mit planmäßigen Wechselzeitpunkten, die für den jeweiligen Bereich (LA1) gelten, wobei der jeweilige Bereich (LA1) einen Bahnhof abdeckt (140);
   - über mehrere Tage wiederholte Analyse der Wechselzeitpunkte (TA) zur Bestimmung von planmäßigen Wechselzeitpunkten, die auch für Bereiche (LA) gelten, die keinen Bahnhof abdecken (146);
   - Identifizierung von Fahrstrecken von Zügen mittels Vergleich der für mehrere Bereiche (LA) aktuell ermittelten Wechselzeitpunkten mit planmäßigen Wechselzeitpunkten (140).

10. Verfahren (100) nach einem der Ansprüche 2 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die kollektiven Daten (RDT) mittels einer, insbesondere statistischen, Auswertung von Eintritts- und Austrittszeitpunkten bestimmt werden, die den Eintritt in den Bereich (LA1, LA2) bzw. den Austritt aus dem Bereich (LA1, LA2) der aktiven und nicht-aktiven Mobilfunkgeräte anzeigen (110).

11. Verfahren (100) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die kollektiven Daten mittels einer Auswertung von Aktualisierungsdaten für den Funkversorgungsbereich (LA2) bezüglich des Eintritts- und Austritts der aktiven und nicht-aktiven Mobilfunkgeräte ermittelt werden (110).

12. Verfahren (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels einer Auswertung von individuellen Daten, die.die Präsenz einzelner aktiver Mobilfunkgeräte in Unterbereichen (C*) des räumlichen Bereichs (LA1) anzeigen, eine Lokalisierung des Zuges (Zu) in einem einzelnen Unterbereich (C*) durchgeführt wird (141).

13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Bereich ein Funkversorgungsbereich (LA1) des zellulären Mobilfunksystems ist und dass die Unterbereiche einzelne oder mehrere Funkzellen (C*) des Funkversorgungsbereiches (LA1) sind (141).

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Auswertung der individuellen Daten durch zusätzliche Daten oder Angaben über die Sende- und/oder Empfangsfeldstärke von Mobilfunksignalen ergänzt wird, um eine Lokalisierung des Zuges (Zu) innerhalb eines Unterbereichs (C*) durchzuführen (141).

15. System zur Lokalisierung von Zügen (Zu, Zv) in einem Schienennetz, das im Versorgungsbereich eines zellulären Mobilfunksystems liegt, in dem Mobilfunkgeräte eingebucht sind, wobei sich zumindest ein Teil der Mobilfunkgeräte in den Zügen (Zu, Zv) befindet, die sich durch räumliche Bereiche (LA1, LA2) des Mobilfunksystems entlang mindestens eines Schienenweges (W1, W2) bewegen, wobei das System eine Zentrale mit Rechenmitteln aufweist, die folgende Schritte ausführen:

   - für benachbarte räumliche Bereiche (LA1, LA2), zu denen mindestens ein Schienenweg (W1, W2) zuordnenbar ist, erfassen die Rechenmittel kollektiven Daten (RDT) die für eingebuchte Mobilfunkgeräte Wechselzeitpunkte (TA) für Wechsel zwischen den benachbarten räumlichen Bereichen (LA1, LA2) anzeigen;
   - mittels Auswertung der kollektiven Daten (RDT) ermittelt die Recheneinheit für mehrere eingebuchte Mobilfunkgeräte gemeinsame Wechselzeitpunkte (TAu, TAv) und erkennt sie als zu Zügen (Zu, Zv) zuordnenbar, die auf dem mindestens einen Schienenweg (W1, W2) verkehren;
   - mittels Vergleich der gemeinsamen Wechselzeitpunkte (TAu, TAv) mit planmäßigen Wech-

selzeitpunkten für verkehrende Züge (Zu, Zv) wird der jeweilige gemeinsame Wechselzeitpunkt (TAu) einem Zug (Zu) zugeordnet, um den Zug (Zu) im Schienennetz zu identifizieren und zu lokalisieren (190).

16. Zentrale für ein System zur Lokalisierung von Zügen (Zu, Zv) in einem Schienennetz, das im Versorgungsbereich eines zellulären Mobilfunksystems liegt, in dem Mobilfunkgeräte eingebucht sind, wobei sich zumindest ein Teil der Mobilfunkgeräte in den Zügen (Zu, Zv) befindet, die sich durch räumliche Bereiche (LA1, LA2) des Mobilfunksystems entlang mindestens eines Schienenweges (W1, W2) bewegen, wobei die Zentrale Rechenmitteln aufweist, die folgende Schritte ausführen:

- für benachbarte räumliche Bereiche (LA1, LA2), zu denen mindestens ein Schienenweg (W1, W2) zuordnenbar ist, erfassen die Rechenmittel kollektiven Daten (RDT) die für eingebuchte Mobilfunkgeräte Wechselzeitpunkte (TA) für Wechsel zwischen den benachbarten räumlichen Bereichen (LA1, LA2) anzeigen;
- mittels Auswertung der kollektiven Daten (RDT) ermittelt die Recheneinheit für mehrere eingebuchte Mobilfunkgeräte gemeinsame Wechselzeitpunkte (TAu, TAv) und erkennt sie als zu Zügen (Zu, Zv) zuordnenbar, die auf dem mindestens einen Schienenweg (W1, W2) verkehren;
- mittels Vergleich der gemeinsamen Wechselzeitpunkte (TAu, TAv) mit planmäßigen Wechselzeitpunkten für verkehrende Züge (Zu, Zv) wird der jeweilige gemeinsame Wechselzeitpunkt (TAu) einem Zug (Zu) zugeordnet, um den Zug (Zu) im Schienennetz zu identifizieren und zu lokalisieren (140).

Claims

1. Method (100) for localizing trains (Zu, Zv) in a railway network located in the service area of a cellular mobile radio system, in which system mobile radio devices are registered, wherein at least a portion of the mobile radio devices are located in the trains (Zu, Zv) that move through spatial areas (LA1, LA2) of the mobile radio system along at least one rail line (W1, W2), wherein the method has the following steps:

- for adjacent spatial areas (LA1, LA2) to which at least one rail line (W1, W2) can be assigned, collective data (RDT) are acquired which indicate handoff times (TA) for handoff between the adjacent spatial areas (LA1, LA2) for registered mobile radio devices (110);
- by means of analysis of the collective data (RDT), common handoff times (TAu, TAv) for multiple registered mobile radio devices are ascertained and are recognized as being assignable to trains (Zu, Zv) that travel on the at least one rail line (W1, W2) (120);
- by means of comparison of the common handoff times (TAu, TAv) with scheduled handoff times for traveling trains (Zu, Zv), the applicable common handoff time (TAu) is assigned to a train (Zu) in order to identify and localize the train (Zu) within the railway network (140).

2. Method (100) according to claim 1, **characterized in that** each common handoff time (TAu) for multiple cellular mobile radio devices indicates the simultaneous entry into and/or the simultaneous exit from the applicable spatial area (LA1; LA2).

3. Method (100) according to claim 1 or 2, **characterized in that** the scheduled handoff times are derived from timetable data of a railway operator, at least for spatial areas that cover railway stations (139).

4. Method (100) according to any one of claims 1 through 3, **characterized in that**, at least for spatial areas that cover arbitrary track sections but no railway stations, the scheduled handoff times are ascertained by an analysis of the collective data (RDT) which is repeated multiple times, in particular daily, wherein it is detected whether common handoff times (TAu, ... TAz) also represent scheduled handoff times (146).

5. Method (100) according to any one of the preceding claims, **characterized in that**, at least for track sections on which multiple trains travel within a short period of time through multiple adjacent spatial areas, the collective data (RDT) that are recognized as assignable to a train are analyzed for temporal and spatial tracking of the trains (130).

6. Method (100) according to any one of the preceding claims, **characterized in that** one currently ascertained common handoff time (TAz12) at a time is compared with at least one scheduled handoff time (TAz) in order to identify a deviation indicating a delay of a train (Zz) to which the scheduled handoff time (TAz) is assignable (150).

7. Method (100) according to any one of the preceding claims, **characterized in that** collective travel times (TRu, TRv), each of which indicates the transit time of a train (Zu, Zv) through the spatial area (LA1), are determined from the collective data (RDT) or from the handoff times (TA) ascertained therefrom (110).

8. Method (100) according to claim 7, **characterized**

in that different types of trains are recognized by means of the collective travel times (TRu, TRv) in order to ascertain the common handoff times (TAu, TAv) from the handoff times (TA) of multiple registered mobile radio devices and to assign said common handoff times to the trains (Zu, Zv) (120).

9. Method (100) according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the method also includes at least one of the following additional steps:

- assignment of the collective data (RDT) to trains (Zu, Zv) based on identifiers of individual mobile radio devices (120);
- tracking of trains (Zu, Zv) based on identifiers of individual mobile radio devices (130);
- for identifying trains (Zu, Zv), comparison of the handoff times (TA) with scheduled handoff times that apply for the applicable spatial area (LA1), wherein the applicable spatial area (LA1) covers a railway station (140);
- analysis of the handoff times (TA) repeated over multiple days to determine scheduled handoff times that also apply to areas (LA) that do not cover a railway station (146);
- identification of route segments of trains by means of comparing the handoff times currently ascertained for multiple areas (LA) with scheduled handoff times (140).

10. Method (100) according to any one of claims 2 through 9, **characterized in that** the collective data (RDT) are determined by means of an analysis, in particular statistical analysis, of entry and exit times that indicate the entry of the active and inactive mobile radio devices into the area (LA1, LA2) or their exit from the area (LA1, LA2) (110).

11. Method (100) according to claim 10, **characterized in that** the collective data are ascertained by means of an analysis of update data for the radio service area (LA2) with respect to the entry and exit of the active and inactive mobile radio devices (110).

12. Method (100) according to any one of the preceding claims, **characterized in that**, by means of an analysis of individual data that indicate the presence of individual active mobile radio devices in subareas (C*) of the spatial area (LA1), a localization of the train (Zu) in an individual subarea (C*) is carried out (141).

13. Method (100) according to claim 12, **characterized in that** the area is a radio service area (LA1) of the cellular mobile radio system and **in that** the subareas are single or multiple radio cells (C*) of the radio service area (LA1) (141).

14. Method according to any one of claims 12 or 13, **characterized in that** the analysis of the individual data is supplemented by additional data or information about the transmit and/or receive field strength of mobile radio signals in order to carry out a localization of the train (Zu) within a subarea (C*) (141).

15. System for localizing trains (Zu, Zv) in a railway network located in the service area of a cellular mobile radio system, in which radio system mobile radio devices are registered, wherein at least a portion of the mobile radio devices are located in the trains (Zu, Zv) that move through spatial areas (LA1, LA2) of the mobile radio system along at least one rail line (W1, W2), wherein the system has a control center with computing means that execute the following steps:

- for adjacent spatial areas (LA1, LA2) to which at least one rail line (W1, W2) can be assigned, the computing means acquire collective data (RDT) which indicate handoff times (TA) for handoff between the adjacent spatial areas (LA1, LA2) for registered mobile radio devices;
- by means of analysis of the collective data (RDT), the computing unit ascertains common handoff times (TAu, TAv) for multiple registered mobile radio devices and recognizes them as being assignable to trains (Zu, Zv) that travel on the at least one rail line (W1, W2);
- by means of comparison of the common handoff times (TAu, TAv) with scheduled handoff times for traveling trains (Zu, Zv), the applicable common handoff time (TAu) is assigned to a train (Zu) in order to identify and localize the train (Zu) within the railway network (140).

16. Control center for a system for localizing trains (Zu, Zv) in a railway network located in the service area of a cellular mobile radio system, in which radio system mobile radio devices are registered, wherein at least a portion of the mobile radio devices are located in the trains (Zu, Zv) that move through spatial areas (LA1, LA2) of the mobile radio system along at least one rail line (W1, W2), wherein the control center has computing means that execute the following steps:

- for adjacent spatial areas (LA1, LA2) to which at least one rail line (W1, W2) can be assigned, the computing means acquire collective data (RDT) which indicate handoff times (TA) for handoff between the adjacent spatial areas (LA1, LA2) for registered mobile radio devices;
- by means of analysis of the collective data (RDT), the computing unit ascertains common handoff times (TAu, TAv) for multiple registered mobile radio devices and recognizes them as

being assignable to trains (Zu, Zv) that travel on the at least one rail line (W1, W2);
- by means of comparison of the common handoff times (TAu, TAv) with scheduled handoff times for traveling trains (Zu, Zv), the applicable common handoff time (TAu) is assigned to a train (Zu) in order to identify and localize the train (Zu) within the railway network (140).

Revendications

1. Procédé (100) de localisation de trains (Zu, Zv) dans un réseau ferroviaire qui se situe dans une zone de couverture d'un système de radiocommunication mobile cellulaire dans lequel des appareils de radiocommunication mobile sont enregistrés, au moins une partie des appareils de radiocommunication mobile se trouvant dans les trains (Zu, Zv) qui se déplacent à travers des zones spatiales (LA1, LA2) du système de radiocommunication mobile le long d'au moins une voie ferrée (W1, W2), le procédé comprenant les étapes suivantes :

   - collecter, pour des zones spatiales (LA1, LA2) adjacentes auxquelles au moins une voie ferrée (W1, W2) peut être associée, des données collectives (RDT) qui, pour les appareils de radiocommunication mobile enregistrés, indiquent des moments de passages (TA) pour le passage entre les zones spatiales (LA1, LA2) adjacentes (110) ;
   - déterminer, moyennant l'analyse des données collectives (RDT), des moments de passage communs (TAu, TAv) par plusieurs appareils de radiocommunication mobile enregistrés et les identifier comme pouvant être associés à des trains (Zu, Zv) qui circulent sur la au moins une voie ferrée (W1, W2) (120) ;
   - associer, moyennant la comparaison des moments de passage communs (TAu, TAv) avec des moments de passage programmés pour des trains (Zu, Zv) en circulation, le moment respectif de passage commun (TAu) à un train (Zu) afin d'identifier et de localiser le train (Zu) dans le réseau ferroviaire (140).

2. Procédé (100) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** chaque moment de passage commun (TAu) indique pour plusieurs appareils de radiocommunication mobile l'entrée simultanée dans et/ou la sortie simultanée de la zone spatiale (LA1; LA2) respective.

3. Procédé (100) selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** les moments de passage programmés sont dérivées de données d'horaire d'un opérateur ferroviaire au moins pour les zones spatiales couvrant des gares (139).

4. Procédé (100) selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** les moments de passage programmés sont déterminés, au moins pour les zones spatiales qui ne couvrent pas de gares mais des tronçons de voie quelconques, par une analyse répétée plusieurs fois, notamment sur plusieurs jours, des données collectives (RDT), ce qui permet de savoir si des moments de passage communs (TAu, ... TAz) représentent également des moments de passage programmés (146).

5. Procédé (100) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les données collectives (RDT) identifiées comme pouvant être associées à un train sont analysées sur plusieurs zones spatiales adjacentes en vue d'un suivi spatial et temporel des trains au moins pour les tronçons de voie sur lesquels plusieurs trains circulent presque simultanément (130).

6. Procédé (100) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**un moment de passage commun déterminé de manière actualisée (TAz12) est respectivement comparé avec au moins un moment de passage programmé (TAz) afin de constater un écart qui indique un retard d'un train (Zz) auquel peut être associé le moment de passage programmé (TAz) (150).

7. Procédé (100) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** des temps de voyage collectifs (TRu, TRv) indiquant le temps de passage d'un train (Zu, Zv) respectivement à travers la zone spatiale (LA1) sont déterminés à partir des données collectives (RTD) ou des moments de passage (TA) obtenues à partir de celles-ci (110).

8. Procédé (100) selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** différents types de trains sont identifiés au moyen des temps de voyage collectifs (TRu, TRv) afin de déterminer les moments de passage communs (TAu, TAv) à partir des moments de passage (TA) de plusieurs appareils de radiocommunication mobile et de les associer aux trains (Zu, Zv) (120).

9. Procédé (100) selon l'une des revendications précédentes,
   caractérisé en ce que le procédé comprend aussi au moins l'une des étapes supplémentaires suivantes :

   - association des données collectives (RDT) aux trains (Zu, Zv) au moyen d'identifiants d'appareils de radiocommunication mobile individuels (120) ;
   - suivi de trains (Zu, Zv) au moyen d'identifiants

d'appareils de radiocommunication mobile individuels (130);
- comparaison des moments de passage (TA) avec des moments de passage programmés valables pour la zone (LA1) respective pour identifier des trains (Zu, Zv), la zone respective (LA1) couvrant une gare (140) ;
- analyse des moments de passage (TA) répétée sur plusieurs jours pour déterminer des moments de passage programmés qui sont également valables pour des zones (LA) ne couvrant pas de gare (146) ;
- identification de trajets de trains moyennant la comparaison des moments de passage obtenus de manière actualisée pour plusieurs zones (LA) avec des moments de passage programmés (140).

10. Procédé (100) selon l'une des revendications 2 à 9, **caractérisé en ce que** les données collectives (RDT) sont déterminées moyennant une analyse, notamment statistique, de moments d'entrée et de sortie qui indiquent l'entrée dans la zone (LA1, LA2) ou la sortie de la zone (LA1, LA2) des appareils de radiocommunication mobile actifs ou non actifs (110).

11. Procédé (100) selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** les données collectives sont déterminées moyennant une analyse de données de mise à jour pour la zone de couverture radio (LA2) concernant l'entrée et la sortie des appareils de radiocommunication mobile actifs et non actifs (110).

12. Procédé (100) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**une localisation du train (Zu) est effectuée dans une sous-zone individuelle (C*) moyennant une analyse de données individuelles qui indiquent la présence d'appareils de radiocommunication mobile individuelles dans des sous-zones (C*) de la zone spatiale (LA1) (141).

13. Procédé selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** la zone est une zone de couverture radio (LA1) du système de radiocommunication mobile cellulaire et **en ce que** les sous-zones sont une ou plusieurs cellules radio (C*) de la zone de couverture radio (LA1) (141).

14. Procédé selon l'une des revendications 12 ou 13, **caractérisé en ce que** l'analyse des données individuelles est complétée par des données supplémentaires ou renseignements sur l'intensité de champ d'émission et/ou de réception de signaux de radiocommunication mobile pour effectuer une localisation du train (Zu) à l'intérieur d'une sous-zone (C*) (141).

15. Système de localisation de trains (Zu, Zv) dans un réseau ferroviaire qui se situe dans une zone de couverture d'un système de radiocommunication mobile cellulaire dans lequel des appareils de radiocommunication mobile sont enregistrés, au moins une partie des appareils de radiocommunication mobile se trouvant dans les trains (Zu, Zv) qui se déplacent à travers des zones spatiales (LA1, LA2) du système de radiocommunication mobile le long d'au moins une voie ferrée (W1, W2), le système comprenant une unité centrale dotée de moyens de calcul qui réalisent les étapes suivantes :

- les moyens de calcul collectent, pour des zones spatiales (LA1, LÀ2) adjacentes auxquelles au moins une voie ferrée (W1, W2) peut-être associée, des données collectives (RDT) qui, pour les appareils de radiocommunication mobile enregistrés, indiquent des moments de passages (TA) pour le passage entre les zones spatiales (LA1, LA2) adjacentes ;
- l'unité de calcul détermine, moyennant l'analyse des données collective (RDT), des moments de passage communs (TAu, TAv) pour plusieurs appareils de radiocommunication mobile enregistrés et les identifie comme pouvant être associés à des trains (Zu, Zv) qui circulent sur au moins une voie ferrée (W1, W2) ;
- le moment respectif de passage commun (TAu) est associé à un train (Zu) moyennant la comparaison des moments de passage communs (TAu, TAv) avec des moments de passage programmés pour des trains (Zu, Zv) en circulation, afin d'identifier et de localiser le train (Zu) dans le réseau ferroviaire (140).

16. Unité centrale pour un système de localisation de trains (Zu, Zv) dans un réseau ferroviaire situé dans la zone de couverture d'un système de radiocommunication mobile cellulaire dans lequel des appareils de radiocommunication mobile sont enregistrés, au moins une partie des appareils de radiocommunication mobile se trouvant dans les trains (Zu, Zv) qui se déplacent à travers des zones spatiales (LA1, LA2) du système de radiocommunication mobile le long d'au moins une voie ferrée (W1, W2), l'unité centrale étant dotée de moyens de calcul qui réalisent les étapes suivantes :

- les moyens de calcul collectent, pour des zones spatiales (LA1, LA2) adjacentes auxquelles au moins une voie ferrée (W1, W2) peut-être associée, des données collectives (RDT) qui, pour les appareils de radiocommunication mobile enregistrés, indiquent des moments de passages (TA) pour le passage entre les zones spatiales (LA1, LA2) adjacentes ;
- l'unité de calcul détermine, moyennant l'ana-

lyse des données collective (RDT), des moments de passage communs (TAu, TAv) pour plusieurs appareils de radiocommunication mobile enregistrés et les identifie comme pouvant être associés à des trains (Zu, Zv) qui circulent sur au moins une voie ferrée (W1, W2) ;
- le moment respectif de passage commun (TAu) est associé à un train (Zu) moyennant la comparaison des moments de passage communs (TAu, TAv) avec des moments de passage programmés pour des trains (Zu, Zv) en circulation, afin d'identifier et de localiser le train (Zu) dans le réseau ferroviaire (140).

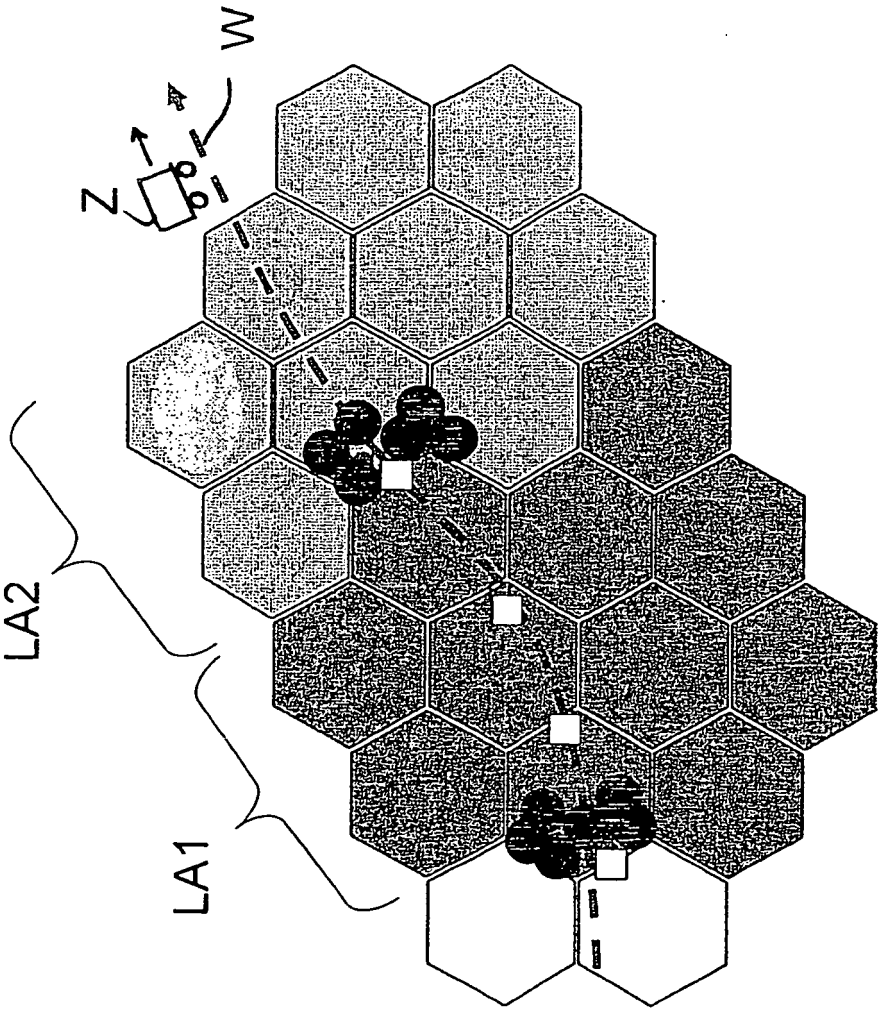


Fig. 1

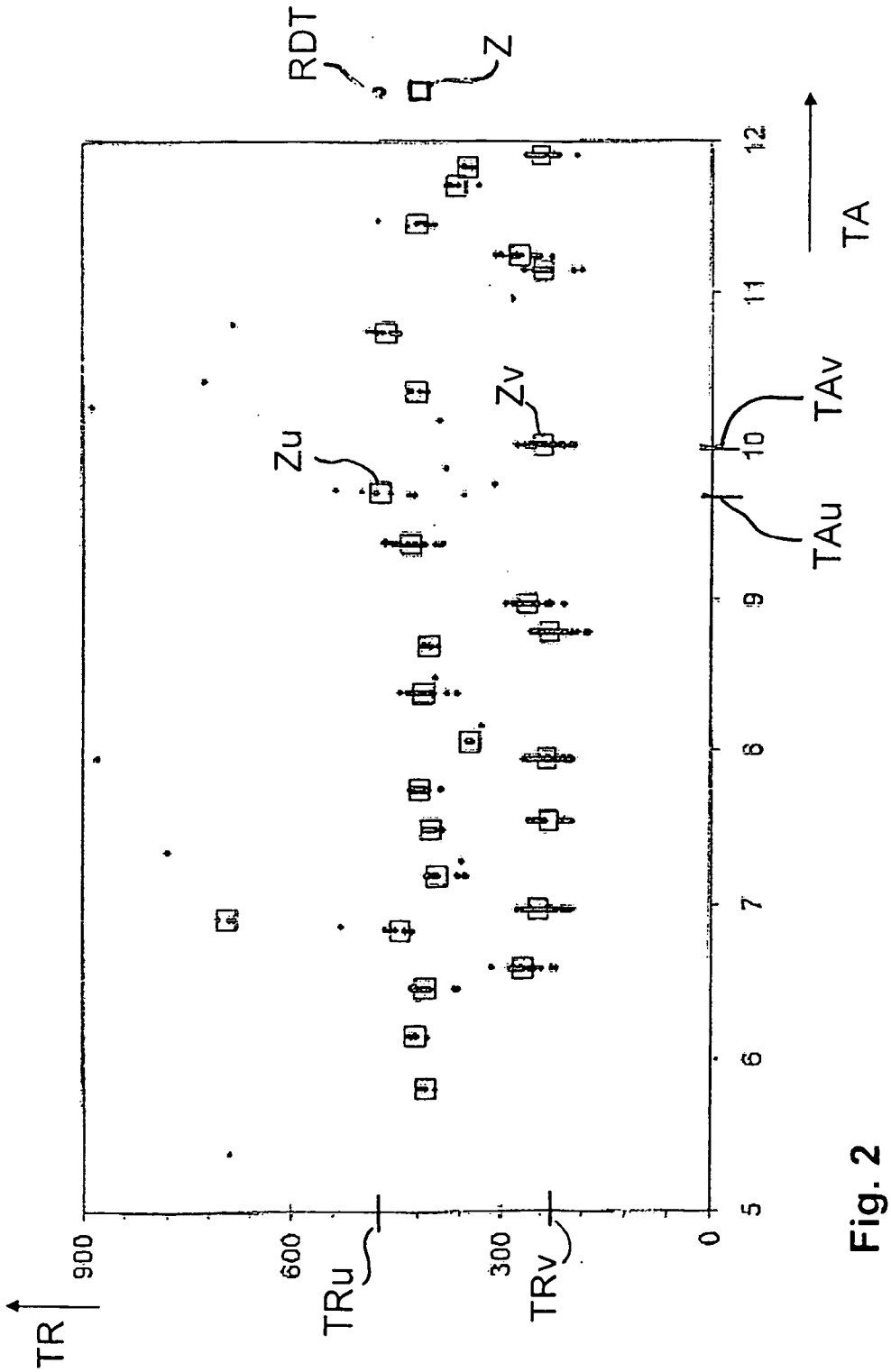


Fig. 2

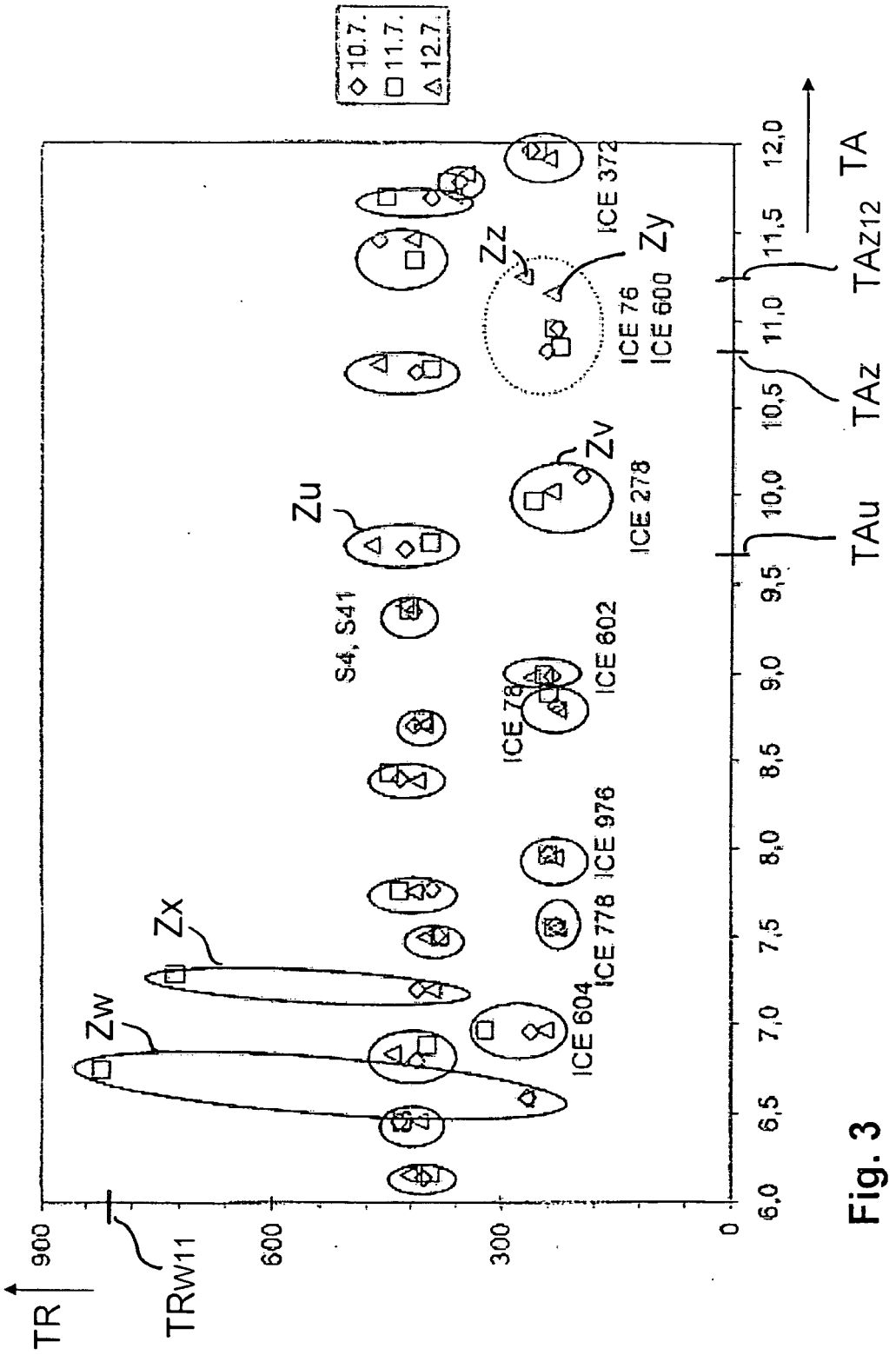

10.7.
11.7.
12.7.
TR
900
600
300
0
TRW11
6,0
6,5
7,0
7,5
8,0
8,5
9,0
9,5
10,0
10,5
11,0
11,5
12,0
TAu
TAz
TAz12
TA
Zw
Zx
Zu
Zv
Zz
Zy
ICE 604
ICE 778
ICE 976
ICE 78
ICE 602
S4, S41
ICE 278
ICE 76
ICE 600
ICE 372

Fig. 3

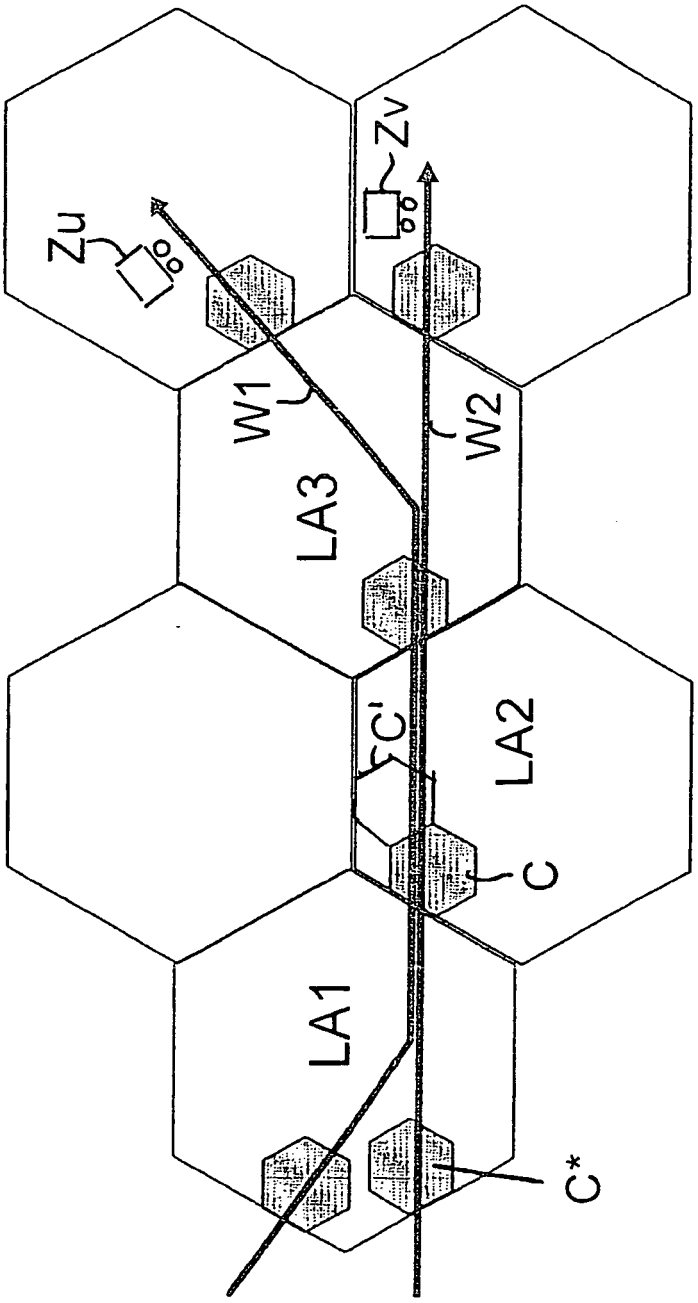


Fig. 4

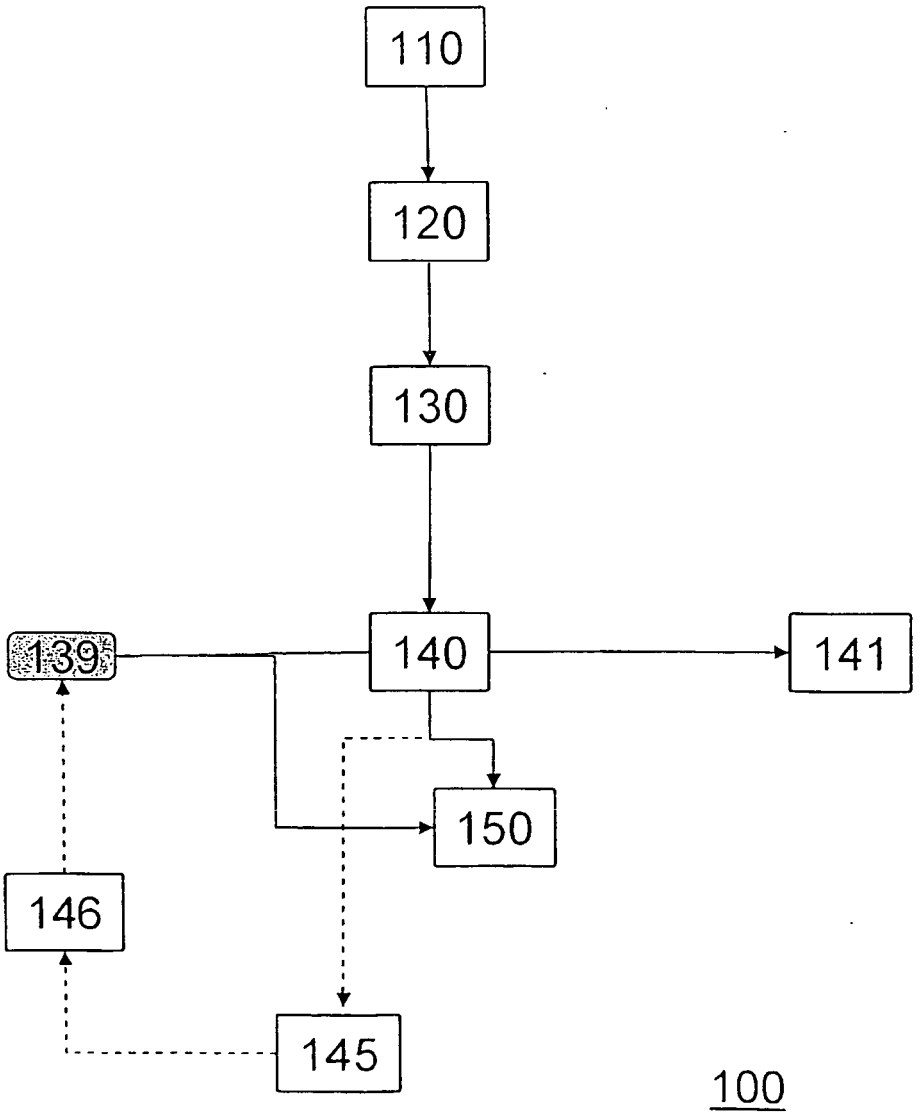


Fig. 5

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 4235105 A1 **[0002]**
- GB 2273424 A **[0002]**
- DE 10225033 A1 **[0005]**
- DE 10333793 A1 **[0006]**
- EP 1742190 A2 **[0007]**