

(19)



(11)

EP 3 608 201 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
14.04.2021 Patentblatt 2021/15

(51) Int Cl.:
B61L 27/00 ^(2006.01) **B61L 3/12** ^(2006.01)
B61L 15/00 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19184211.1**

(22) Anmeldetag: **03.07.2019**

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM SIMULIEREN EINER STRECKENFAHRT EINES
TRIEBFahrZEUGES**

METHOD AND DEVICE FOR SIMULATING A ROUTE OF A TRACTION VEHICLE

PROCÉDÉ ET DISPOSITIF DE SIMULATION D'UN TRAJET D'UN VÉHICULE MOTEUR

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL 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 RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **12.07.2018 DE 102018116919**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.02.2020 Patentblatt 2020/07

(73) Patentinhaber: **IGT - Inbetriebnahmegesellschaft
Transporttechnik
mbH
38226 Salzgitter (DE)**

(72) Erfinder:
• **Bertrand, Jens
38116 Braunschweig (DE)**

• **Karschunke, Ralf
38268 Lengede (DE)**

(74) Vertreter: **Gramm, Lins & Partner
Patent- und Rechtsanwälte PartGmbH
Freundallee 13a
30173 Hannover (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 3 326 888 US-A1- 2017 369 085

• **OH SEHCHAN ET AL: "Simulator design for
communication based train control system",
2013 13TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON
CONTROL, AUTOMATION AND SYSTEMS
(ICCAS 2013), IEEE, 22. Oktober 2014
(2014-10-22), Seiten 434-436, XP032706013, ISSN:
2093-7121, DOI: 10.1109/ICCAS.2014.6988038
[gefunden am 2014-12-16]**

EP 3 608 201 B1

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).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Simulieren einer Streckenfahrt eines Triebfahrzeuges auf einer mit einem zu Zugbeeinflussungssystem ausgerüsteten Gleisstrecke, wobei das Triebfahrzeug eine interne Fahrzeugeinrichtung zur Zugbeeinflussung hat, die mit einem streckenseitigen Zugbeeinflussungssystem der Gleisstrecke zur simulierten Streckenfahrt zwecks Zugbeeinflussung entsprechend zusammenwirken kann. Die Erfindung betrifft ebenso eine Vorrichtung hierzu.

[0002] Zugbeeinflussungssysteme für Schienenfahrzeuge sind Anlagen, die die Fahrt eines Zuges entlang einer Gleisstrecke überwachen, um Unfälle zu vermeiden. Hierzu zählen neben streckenseitigen Infrastrukturen, wie beispielsweise Licht- und Signalanlagen, auch fahrzeugseitige Systeme, die mit den streckenseitigen Systemen so zusammenwirken, dass der Zug sicher auf der Strecke fahren kann. So kann ein Triebfahrzeug je nach Ausrüstungszustand die zulässige Höchstgeschwindigkeit überwachen und ggf. automatisch bremsen oder das Einfahren in einen nicht freigegebenen Abschnitt durch eine automatisierte Zwangsbremung verhindern. Ein Problem hierbei stellt die Tatsache dar, dass verschiedene Gleisstrecken jeweils einen unterschiedlichen Ausrüstungszustand aufweisen, der je nach Art der auf der jeweiligen Gleisstrecke fahrenden Züge sehr unterschiedlich sein kann. Darüber hinaus unterscheidet sich des Weiteren der Ausrüstungszustand von Land zu Land erheblich, so dass ein länderübergreifender Zugverkehr je nach Ausrüstungszustand der Zugbeeinflussungssysteme des jeweiligen Landes nur eingeschränkt bis gar nicht möglich ist.

[0003] Vor diesem Hintergrund gibt es die Bestrebung, insbesondere den transeuropäischen Zugverkehr hinsichtlich der Zugbeeinflussungssysteme zu standardisieren, um einen einheitlichen Sicherheitsstandard der Infrastruktur und des Ausrüstungszustandes zu ermöglichen. Hierdurch wird es möglich, dass der Ausrüstungszustand eines Triebfahrzeuges in einem jeweiligen Land auch mit der streckenseitigen Infrastruktur eines jeweils anderen Landes sicher zum Zwecke der Zugbeeinflussung zusammenwirken kann. Hierzu wurde das Konzept des European Train Control Systems (ETCS, deutsch: Europäisches Zugbeeinflussungs- und steuerungssystem) entwickelt, welches mehrere Ausbaustufen vorsieht und eine Interoperabilität zwischen verschiedenen Ländern mit dem jeweiligen Ausrüstungsstand ermöglichen soll.

[0004] So ist beim ETCS Level 2 unter anderem vorgesehen, dass die Züge über eine GSM-Funkschnittstelle entsprechende Fahrgenehmigungen erteilt bekommen, um in einen entsprechenden Streckenabschnitt (auch Blockabschnitt genannt) einfahren zu dürfen, wobei die Positionsortung des Fahrzeuges auf der Strecke mithilfe von Balisen, die streckenseitig im Gleisbett verlegt sind, erfolgen soll. Beim Überfahren des Triebfahrzeuges über eine solche Balise (auch Eurobalise genannt) empfängt das Empfangsmodul (BTM: Balisen Transmission Module) ein Telegramm von der Balise, in der beispielsweise ein Kilometerstand oder eine Verlinkung auf eine weitere Balise enthalten ist. Basierend auf diesem Telegramm kann das Triebfahrzeug somit seine eigene Position auf der Strecke bestimmen, wobei die Positionsbestimmung zwischen zwei Balisen mithilfe von Odometriedaten erfolgt. Position und Richtung des Triebfahrzeuges, die von dem Triebfahrzeug autark und selbstständig ermittelt wurden, werden dann über die GSM-Funkschnittstelle an eine zentrale Streckenzentrale (RBC: Radio Block Center) gesendet, das mit dem Stellwerk in Verbindung steht und insbesondere Kenntnis über freie und besetzte Streckenabschnitte hat. Die Streckenzentrale kann nun basierend auf der Position und Richtung des Triebfahrzeuges eine Fahrgenehmigung generieren, die beispielsweise die Erlaubnis zum Einfahren in einen Streckenabschnitt enthält oder das Befahren eines Streckenabschnittes verbietet, wobei diese Fahrgenehmigung dann via GSM per Funk zurück an das Triebfahrzeug übertragen wird. Die fahrzeugseitige Infrastruktur, d.h. die ETCS-Fahrzeugeinrichtung oder auch kurz Fahrzeugeinrichtung (OBU: Onboard Unit) kann nun anhand der Position und der empfangenen Fahrgenehmigung die Einfahrt in einen Blockabschnitt entsprechend steuern. In einer solchen Fahrgenehmigung können darüber hinaus auch streckenseitige Informationen wie die zugelassene Höchstgeschwindigkeit, Neigungsinformationen, Positionen von Langsamfahrstellen und dergleichen existieren, die dann von der fahrzeugseitigen Infrastruktur (Fahrzeugeinrichtung) ausgewertet und im Fahrbetrieb überwacht werden. Dies kann im schlechtesten Fall dazu führen, dass das Triebfahrzeug eine Zwangsbremung einleitet, wenn die zulässige Höchstgeschwindigkeit überschritten wurde oder wenn das Triebfahrzeug beispielsweise in einen nicht freigegebenen Blockabschnitt einfährt.

[0005] Bei diesem Ausrüstungszustand einer Gleisstrecke mit ETCS-Level 2 kann somit auf Licht- und Signalanlagen am Streckenrand verzichtet werden, da das Triebfahrzeug sämtliche Informationen von der Streckenzentrale via Funk übermittelt bekommt und darüber hinaus die fahrzeugseitigen Daten, wie Position und Richtung, selbstständig erhebt. Damit kann jedes Triebfahrzeug größtenteils ohne Licht- und Signalanlagen sicher auf einem Streckenabschnitt fahren.

[0006] Für die Kommunikation zwischen Triebfahrzeug und der Streckenzentrale wird hierbei insbesondere eine Funkschnittstelle genutzt, die auf mindestens mehrere 100 m ausgelegt ist, wie beispielsweise ein Mobilfunknetz. Bei der Entwicklung des ETCS hat sich hierbei das GSM-Mobilfunknetz etabliert, welches trotz weitergehender und verbesserter Mobilfunkstandards zur Kommunikation bei ETCS genutzt wird.

[0007] Ein großes Problem bei der Inbetriebnahme von Triebfahrzeugen in einem ETCS-Level 2 besteht in der Zulassung eines solchen Triebfahrzeuges für den allgemeinen Gebrauch. Denn jede Strecke ist eine spezifische Betriebsumgebung, wodurch jedes Triebfahrzeug auf der entsprechenden konkreten ETCS-Strecke zugelassen werden

muss. Fahrzeuge, die auf einer ETCS-Strecke zugelassen sind, werden nicht automatisch auf einer anderen ETCS-Strecke zugelassen.

[0008] Daher ist derzeit eine erhöhte Nachfrage nach Testmöglichkeiten zu erkennen, da die Hersteller und Entwickler von Triebfahrzeugen mit einer ETCS-Fähigkeit des Levels 2 die Möglichkeiten haben müssen, ihre entwickelten Triebfahrzeuge auch im Realbetrieb testen zu können. Da jedoch die Teststrecken in der Regel öffentliche Gleisstrecken sind, erfolgt hier das Testen eines Triebfahrzeuges im Regelbetrieb, wobei die Strecke meist für den Testbetrieb komplett gesperrt werden muss. Dies bedeutet eine hohe Belastung der Infrastruktur, lange Vorbereitungs- und Wartezeiten und nicht zuletzt auch unzumutbare Zulassungszyklen, wodurch die Fahrzeugzulassungen verzögert werden und die Nutzung des ETCS-Levels 2 in der Gesamtheit nicht vollständig ausgeschöpft werden kann.

[0009] Aus OH Sehchan et al. "Simulator design for communication based train control system", 2013, 13th international conference on control, Automation and Systems (IC-CAS) ist die Simulation eines Triebfahrzeuges bekannt, um die Interaktion des simulierten Triebfahrzeuges mit einer simulierten Infrastruktur zu testen. So können Funktionen des Triebfahrzeuges simuliert werden und in der Simulation überprüft werden.

[0010] Die EP 3 326 888 A1 offenbart eine Testvorrichtung, um einzelne Funktion eines Schienenfahrzeuges, wie bspw. den Pantograph, testen zu können. Das Testen der einzelnen Funktionen des Schienenfahrzeuges erfolgt dabei losgelöst von einer realen Fahrt.

[0011] Die US 2017/0369085 A1 offenbart schließlich ein Simulationssystem, bei dem ein Schienenfahrzeug während der realen Fahrt mit entsprechend simulierten Daten versorgt wird. Hierbei muss sich das Schienenfahrzeug jedoch auf einer Testfahrt befinden, wodurch Streckenressourcen belegt werden.

[0012] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein verbessertes Verfahren und ggf. Vorrichtung anzugeben, mit dem Triebfahrzeuge, die mit einem ETCS mit mindestens Level 2 ausgerüstet sind, vor den eigentlichen Testfahrten hinreichend in Laborversuchen hinreichend testen zu können, um so die Belastung der Infrastruktur durch Testfahrten und somit die langen Zulassungszyklen so gering wie möglich zu halten.

[0013] Die Aufgabe wird mit dem Verfahren gemäß Anspruch 1 sowie der Vorrichtung gemäß Anspruch 12 erfindungsgemäß gelöst.

[0014] Gemäß Anspruch 1 wird ein Verfahren zum Simulieren einer Streckenfahrt eines Triebfahrzeuges auf einer mit einem Zugbeeinflussungssystem ausgerüsteten Gleisstrecke vorgeschlagen, wobei das Triebfahrzeug eine interne Fahrzeugeinrichtung zur Zugbeeinflussung hat, die mit einem streckenseitigen Zugbeeinflussungssystem der Gleisstrecke der simulierten Streckenfahrt zwecks Zugbeeinflussung entsprechend zusammenwirken kann. Demzufolge wird vorgeschlagen, dass das Triebfahrzeug sich während der Simulation der Streckenfahrt tatsächlich nicht auf einer Gleisstrecke bewegt, sondern insbesondere stillsteht, wobei die fahrzeugseitige Infrastruktur des Triebfahrzeuges, d.h. die interne Fahrzeugeinrichtung, mit einer streckenseitigen Infrastruktur eines Zugbeeinflussungssystems, welches simuliert werden soll, zusammenarbeiten bzw. zusammenwirken kann, um das Triebfahrzeug entsprechend bei einer Fahrt beeinflussen zu können. Dem Triebfahrzeug wird dabei eine Streckenfahrt simuliert bzw. vorgetäuscht, um so die in dem Triebfahrzeug verbauten fahrzeugseitigen Infrastruktursysteme für die Zugbeeinflussung testen zu können.

[0015] Erfindungsgemäß werden hierfür dem Triebfahrzeug zunächst Bewegungsinformationen bereitgestellt, um der Fahrzeugeinrichtung eine Bewegung des Triebfahrzeuges zu simulieren. Eine solche Bewegung kann dabei auch 0 sein bzw. solche Bewegungsinformationen, die auch eine Geschwindigkeitsinformation enthalten können, können ebenfalls eine Geschwindigkeit von 0 enthalten, was beispielsweise dem Zustand nach einer vollständig ausgeführten Zwangsbremmung an einem nicht freigegebenen Blockabschnitt entspricht.

[0016] Dabei werden während der Simulation mindestens eine, vorzugsweise mehrere triebfahrzeugbezogene Nachrichten durch die interne Fahrzeugeinrichtung des Triebfahrzeuges generiert und drahtlos an eine simulierte Streckenzentrale übertragen. Das Generieren mindestens einer solchen triebfahrzeugbezogenen Nachricht kann dabei in Abhängigkeit von der simulierten Bewegung des Triebfahrzeuges durch das Bereitstellen von simulierten Bewegungsinformationen erfolgen, wodurch die Bewegung auf der Gleisstrecke simuliert wird. Das Generieren solcher triebfahrzeugbezogenen Nachrichten steht dabei insbesondere im Einklang mit den bereitgestellten Bewegungsinformationen, wodurch eine tatsächlich echte Gleisstrecke simuliert werden kann. Die triebfahrzeugbezogenen Nachrichten werden demzufolge so generiert, wie sie auch bei einer echten Streckenfahrt auf einer echten Gleisstrecke entsprechend durch das Triebfahrzeug generiert werden würden.

[0017] Die von dem Triebfahrzeug, welches zur Simulation sich entsprechend nicht bewegt, generierten triebfahrzeugbezogenen Nachrichten werden drahtlos an eine zur Simulation vorbereiteten simulierten Streckenzentrale ausgesendet, von wo sie dort empfangen werden. Die simulierte Streckenzentrale generiert nun mindestens eine fahrtregelungsbezogene Nachricht in Abhängigkeit von der übertragenen triebfahrzeugbezogenen Nachricht und überträgt diese fahrtregelungsbezogene Nachricht ebenfalls drahtlos an das Triebfahrzeug. Mithilfe solcher fahrtregelungsbezogenen Nachrichten wird die Fahrt eines Triebfahrzeuges auf einer Gleisstrecke beeinflusst, so dass durch die simulierte Streckenzentrale eine simulierte Zugbeeinflussung erzeugt wird.

[0018] Das Triebfahrzeug empfängt nun diese von der simulierten Streckenzentrale drahtlos ausgesendete fahrtregelungsbezogene Nachricht mithilfe einer fahrzeugseitig verbauten Antenne, wobei die interne Fahrzeugeinrichtung des

Triebfahrzeuges eine simulierte fahrzeugseitige Reaktion in Abhängigkeit von der empfangenen fahrtregelungsbezogenen Nachricht beeinflusst.

[0019] So ist es denkbar, dass die interne Fahrzeugeinrichtung des Triebfahrzeuges die simulierte Bewegung des Triebfahrzeuges, die basierend auf den bereitgestellten Bewegungsinformationen simuliert wird, in Abhängigkeit von den fahrtregelungsbezogenen Nachrichten steuert, und zwar so, als würde sich das Triebfahrzeug auf der entsprechenden Gleisstrecke tatsächlich bewegen und die entsprechenden Informationen von der Streckenzentrale empfangen.

[0020] Hierdurch wird es möglich, den gesamten Kontext der im Fahrzeug integrierten Zugbeeinflussung im ETCS-Level 2 oder höher vollständig in einem Gesamtsystemlabor zu simulieren und somit zu testen, um so festzustellen, wie sich das Triebfahrzeug mit seiner integrierten Zugbeeinflussungseinrichtung in den jeweiligen Fahrbedingungen verhält. Basierend auf solchen simulierten Tests wird es dann möglich, das Triebfahrzeug entsprechend basierend auf den Tests anzupassen und weiter zu testen, um so insbesondere die realen Streckentests bzw. die Integrationstests auf der Strecke zu minimieren. Stattdessen wird die Nutzung des Gesamtsystems Fahrzeug als erweiterte Laborumgebung getestet, wodurch die Kosten für die Integrationstests auf der Strecke einerseits als auch die entsprechenden Überführungskosten des Triebfahrzeuges zu den jeweiligen Teststrecken andererseits eingespart werden können. Vielmehr kann eine solche simulierte Testfahrt an einem beliebigen Standort durchgeführt werden, ohne das Fahrzeug hierfür real zu bewegen.

[0021] Dabei ist es denkbar, dass die simulierte Streckenzentrale entsprechend reale Streckenabschnitte nachbildet, sodass dem Triebfahrzeug eine Streckenfahrt einer tatsächlich vorhandenen Gleisstrecke simuliert wird. Hierfür werden in der gesamten Simulationsumgebung die Besonderheiten der tatsächlich vorhandenen Gleisstrecke abgebildet und dem Testfahrzeug vorgetäuscht, sodass das Triebfahrzeug in Bezug auf die real existierende Gleisstrecke getestet werden kann.

[0022] Dies betrifft insbesondere die Positionen der streckenseitig verbauten Infrastruktursysteme, wie beispielsweise Balisen, Funkbaken und ähnliche, die dem Triebfahrzeug entsprechend positionstreu simuliert werden. In Abhängigkeit von den Bewegungsinformationen, die dem Triebfahrzeug als simulierte Bewegung bereitgestellt werden, kann der bereits zurückgelegte Weg ermittelt und dann in Abhängigkeit hiervon eine entsprechende streckenseitige Infrastruktur dem Triebfahrzeug präsentiert werden, beispielsweise in Form eines Balisentelegramms. Auch die Positionen und Abstände der einzelnen Blockabschnitte, die Angaben über die zulässige Höchst- bzw. auch Minimalgeschwindigkeit, die langsamen Fahrstellen, sowie die Neigungswinkel, können positionsgetreu in der Simulationsumgebung hinterlegt werden und positionsgetreu dem Triebfahrzeug in Abhängigkeit von der zurückgelegten Wegstrecke ermittelt aus den simulierten jüngsten Informationen simuliert werden.

[0023] Die simulierten Bewegungsinformationen können dabei eine Geschwindigkeitsinformation, eine Beschleunigungsinformation und/oder eine Fahrtrichtungsinformation enthalten.

[0024] Hierbei ist es denkbar, dass die Bewegungsinformationen der Hardware der Fahrzeugeinrichtung des Triebfahrzeuges direkt bereitgestellt werden, sodass der gesamten Fahrzeugeinrichtung eine entsprechende Bewegung vorgetäuscht wird. Dies kann beispielsweise dadurch geschehen, dass die für die Bewegungserfassung vorgesehenen Impulsgeber des Triebfahrzeuges mit einem zur Simulation ausgebildeten Simulationsvorrichtung verbunden werden, wobei die Simulationsvorrichtung dann die Impulsgeber des Triebfahrzeuges entsprechend so ansteuert, dass diese eine Bewegung detektieren, die dann von der Fahrzeugeinrichtung bzw. dem Triebfahrzeug erfasst wird.

[0025] Denkbar ist es allerdings auch, dass das gesamte Triebfahrzeug einschließlich der fahrzeugseitigen Infrastruktur in einem Simulationsmodus versetzt wird, bei dem manuelle Steuereingaben im Führerhaus durch einen Triebfahrzeugführer nicht in einer Bewegung des Triebfahrzeuges umgesetzt werden und stattdessen simulierte Bewegungsinformationen der Fahrzeugeinrichtung bereitgestellt werden. In einem solchen Simulationsmodus werden demzufolge bei manuellen Steuerangaben keine Bewegungen des Fahrzeuges erzeugt, sondern lediglich der Fahrzeugeinrichtung vorgetäuscht, dass sich basierend auf den manuellen Steuereingaben das Triebfahrzeug mit den entsprechenden Bewegungsinformationen bewegt.

[0026] Dabei ist es weiterhin denkbar, dass während der Simulation mindestens eine, jedoch vorzugsweise meist mehrere Positionsangaben des Triebfahrzeuges simuliert werden, um so dem Triebfahrzeug vorzutäuschen, dass es tatsächlich auf einer entsprechenden Gleisstrecke fährt. Das Simulieren dieser Positionsangaben kann dabei über vielfältige Kanäle, die dem Triebfahrzeug zur Verfügung stehen, erfolgen, wobei das Simulieren dieser Positionsangaben insbesondere in Einklang stehen sollte mit den bereitgestellten Bewegungsinformationen, wodurch eine tatsächlich echte Gleisstrecke simuliert werden kann. Es ist daher vorteilhaft, wenn die simulierten Positionsangaben in Abhängigkeit von den simulierten Bewegungsinformationen des Triebfahrzeuges, die dem Triebfahrzeug bereitgestellt werden, generiert und dem Triebfahrzeug simuliert werden.

[0027] Das Triebfahrzeug kann nun eine solche simulierte Positionsangabe durch die fahrzeugseitige Infrastruktur des Zugbeeinflussungssystems erfassen, verarbeiten und diese dann an die simulierte Streckenzentrale als triebfahrzeugbezogene Nachricht übertragen, wo sie dort weiterverarbeitet wird. Bei der simulierten Streckenzentrale handelt es sich um ein System, das die von dem Triebfahrzeug übertragenen Positionsangaben nicht zum Zwecke der Zugbeeinflussung einer echten bzw. realen Gleisstrecke empfängt.

[0028] Basierend auf den simulierten Positionsangaben des Triebfahrzeuges können nun von der simulierten Stre-

ckenzentrale ein oder mehrere simulierte Fahrberechtigungen als fahrtregelungsbezogene Nachrichten generiert werden, die beispielsweise Angaben über die Höchstgeschwindigkeit des Streckenabschnittes, Neigungswinkel, Langsamfahrstellen und/oder Einfahrerlaubnisse im Blockabschnitt enthalten können. Diese so generierte Fahrberechtigung wird dann drahtlos an das Triebfahrzeug als fahrtregelungsbezogene Nachricht übertragen und von dem Triebfahrzeug, welches nach wie vor stillsteht und sich nicht bewegt, mit Hilfe seiner fahrzeugseitigen Infrastruktur zur Zugbeeinflussung empfangen. Dies kann beispielsweise, wie später noch gezeigt wird, eine GSM-Antenne sein.

[0029] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform wird eine simulierte Zugvollständigkeit des Triebfahrzeuges durch die interne Fahrzeugeinrichtung erfasst und als triebfahrzeugbezogene Nachricht an die simulierte Streckenzentrale übertragen, wobei die simulierte Streckenzentrale in Abhängigkeit von der empfangenen simulierten Zugvollständigkeit des Triebfahrzeuges eine fahrtregelungsbezogene Nachricht generiert und an das Triebfahrzeug überträgt. Hierdurch wird es möglich, auch die interne Fahrzeugeinrichtung auf einem ETCS-Level 3 zu testen und zu simulieren.

[0030] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform befindet sich unter dem Triebfahrzeug eine Antenne, beispielsweise in Form einer programmierbaren Balise, die Balisentelegramme zur Zugbeeinflussung an das Triebfahrzeug übertragen kann. Die Antenne ist dabei so ausgebildet, dass sie von der Simulationsvorrichtung angesteuert werden kann und dann das gewünschte Balisentelegramm aussendet. Hierdurch lassen sich neben Transparentdatenbalisen auch Festdatenbalisen simulieren. Das Triebfahrzeug, genauer die dafür vorgesehen fahrzeugseitige Infrastruktur (BTM) empfängt nun das von der Antenne ausgesendete Balisentelegramm, wobei die Fahrzeugeinrichtung weiter in Abhängigkeit von dem mindestens einem empfangenen Balisentelegrammen die simulierte Bewegung des Triebfahrzeuges steuert. So ist es beispielsweise denkbar, dass mit Hilfe einer solchen Antenne und einem ausgesendeten Balisentelegramm der Zustand einer (simulierten) Lichtsignalanlage übertragen wird, die die Einfahrt in einem Blockabschnitt steuern soll, sodass auch Streckenabschnitte mit einem geringeren ETCS-Level mitsimuliert werden können.

[0031] Hierbei ist es ebenfalls denkbar, dass mit Hilfe der Antenne ein Balisentelegramm zur Zugbeeinflussung an das Triebfahrzeug übertragen wird, das von der fahrzeugseitigen Infrastruktur zur Zugbeeinflussung empfangen wird, wobei basierend auf den empfangenen Balisentelegramm dann eine simulierte Positionsangabe auf der simulierten Gleisstrecke generiert bzw. erfasst wird. Denn mit Hilfe von insbesondere Festdatenbalisen lässt sich auf einer Gleisstrecke insbesondere eine diskrete Positionsortung des Triebfahrzeuges durchführen, die mit Hilfe der im Simulationsverfahren angewendeten Antenne entsprechend simuliert werden kann. Der Zeitpunkt des Aussendens des Balisentelegramms kann dabei in Abhängigkeit der bereitgestellten Bewegungsinformationen erfolgen, sodass das Triebfahrzeug genau dann ein Balisentelegramm empfängt, so als würde es mit der vorgegebenen Geschwindigkeit auf der tatsächlichen Gleisstrecke fahren.

[0032] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform wird die von dem Triebfahrzeug generierte triebfahrzeugbezogene Nachricht (bspw. erfasste Positionsangabe), die lediglich simuliert ist, sowie die von der simulierten Streckenzentrale ausgesendete fahrtregelungsbezogene Nachricht (bspw. simulierte Fahrberechtigung) via GSM übertragen, wobei hierfür die Simulationsvorrichtung eine GSM-Vorrichtung hat, die eine geringe Sende- und Empfangsstärke hat, da sich diese Sende- und Empfangseinheit in unmittelbarer Nähe zu dem Triebfahrzeug befindet. Das Triebfahrzeug sendet dabei die triebfahrzeugbezogenen Nachrichten via GSM aus, wobei sie dann von dem GSM-Modul der Simulationsvorrichtung empfangen und entsprechend an die simulierte Streckenzentrale übertragen wird. Die von der simulierten Streckenzentrale generierten fahrtregelungsbezogenen Nachrichten werden dann ebenfalls mithilfe des GSM-Moduls der Simulationsvorrichtung an das Triebfahrzeug übertragen, wobei das Triebfahrzeug zum Senden und Empfangen eine fahrzeugseitige GSM-Infrastruktur hat, mit der es GSM-Funksignale senden und empfangen kann. Über diesen Weg wird dann die simulierte Fahrberechtigung von dem Triebfahrzeug empfangen und an die interne Fahrzeugeinrichtung übertragen.

[0033] In einer vorteilhaften Ausführungsform kann die simulierte Streckenzentrale eine fahrtregelungsbezogene Nachricht (bspw. eine simulierte Fahrberechtigung) weiterhin in Abhängigkeit von übermittelten Daten einer echten, einer virtuellen oder einer emulierten ETCS-Streckenzentrale (RBC) generieren. Bei einer echten Streckenzentrale ist es denkbar, dass sämtliche in der Simulation des Triebfahrzeuges entstandene Daten an die tatsächliche Streckenzentrale übertragen werden, woraufhin diese dann eine fahrtregelungsbezogene Nachricht generiert. Denkbar ist aber auch, dass eine echte Streckenzentrale in einem entsprechenden Testmodus bzw. Simulationsmodus eine vollständig virtuelle Streckenzentrale abbildet, auf die zugegriffen werden kann, um die entsprechenden Daten zur Simulation abgreifen zu können. Schließlich ist es auch denkbar, dass die Streckenzentrale in einem einfachsten Fall schlicht emuliert wird, wodurch es für die Simulationszwecke nachgebildet wird.

[0034] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform wird die Übertragung der fahrtregelungsbezogenen Nachrichten von der simulierten Streckenzentrale an das Triebfahrzeug und/oder die Übertragung der triebfahrzeugbezogenen Nachrichten von dem Triebfahrzeug an die simulierte Streckenzentrale verschlüsselt, wobei hierfür sowohl der simulierten Streckenzentrale als auch dem Triebfahrzeug ein entsprechender Schlüssel zum Entschlüsseln bekannt ist. Hierbei ist es denkbar, dass die Verschlüsselung in Abhängigkeit von übermittelten Daten einer echten, virtuellen oder emulierten Schlüsselmanagementzentrale (KMC) erfolgt, sowie sie im echten Betrieb einer ETCS-Strecke ebenfalls zum Einsatz kommt. Das unter dem Begriff des Euradio bekannte Verfahren sieht dabei eine verschlüsselte GSM-Funkverbindung

zwischen Triebfahrzeug und Streckenzentrale vor, wobei die Schlüsselverwaltung durch die Schlüsselmanagementzentrale (KMC: Key Management Center) erfolgt.

[0035] Die Aufgabe wird im Übrigen auch mit der Simulationsvorrichtung zur Simulation einer Streckenfahrt eines Triebfahrzeuges gemäß Anspruch 12 vorgeschlagen, wobei die Simulationsvorrichtung zur Durchführung des vorstehend genannten Verfahrens eingerichtet ist. Hierfür weist die Simulationsvorrichtung insbesondere mindestens eine Antenne zum Aussenden von Balisentelegrammen, ein Odometriemodul zum Bereitstellen von simulierten Bewegungsinformationen an die Fahrzeugeinrichtung des Triebfahrzeuges, ein Streckenzentralenmodul zum Simulieren einer Streckenzentrale und/oder ein GSM-Übertragungsmodul zum Übertragen von fahrtregelungsbezogenen Nachrichten und/oder zum Empfang von triebfahrzeugbezogenen Nachrichten auf. Darüber hinaus weist die Simulationsvorrichtung ein Simulationsmodul auf, das ein Simulationsverfahren durchführt und dabei die entsprechenden Daten verarbeitet und die einzelnen Module so ansteuert, dass diese dem Triebfahrzeug die Bewegung auf einer ETCS-Gleisstrecke vortäuschen.

[0036] Die Erfindung wird anhand der beigelegten Figuren beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 - Schematische Darstellung der Fahrsimulation.

[0037] Figur 1 zeigt ein Triebfahrzeug 1, das einen Führerstand 2 hat, in dem sich, wie abgebildet, ein Fahrzeugführer 3 befindet. Das Triebfahrzeug 1 befindet sich dabei im Stillstand und bewegt sich nicht und wird sich für die Simulation und den Test auch nicht bewegen.

[0038] Das Triebfahrzeug 1 weist des Weiteren eine ETCS-Onboard Unit (OBU) auf, die nachfolgend als Fahrzeugeinrichtung bezeichnet wird. Diese Fahrzeugeinrichtung 4 steht dabei zum einen mit einer GSM-Antenne des Triebfahrzeuges 1 signaltechnisch in Verbindung, um GSM-Funksignale empfangen und senden zu können. Des Weiteren steht die Fahrzeugeinrichtung 4 mit einem Balisenempfangsgerät 6, oder auch BTM (Balisen Transmission Module) in Verbindung, um so von einer Balise 7 die streckenseitig verbaut ist, Balisentelegramme empfangen zu können. Schließlich steht die ETCS-Fahrzeugeinrichtung 4 mit den Steuer- und Anzeigesystemen des Führerstandes 2 des Triebfahrzeuges 1 in Verbindung um so die entsprechenden Informationen dem Fahrzeugführer 3 anzeigen zu können.

[0039] Erfindungsgemäß ist nun eine Simulationsvorrichtung 10 vorgesehen, um eine entsprechende Streckenfahrt auf einer ETCS-Gleisstrecke dem Triebfahrzeug 1 vortäuschen zu können. Hierzu steht die Simulationsvorrichtung 10 mit einer Antenne 7 zum Simulieren einer streckenseitig verbauten Balise so in Verbindung, dass durch Ansteuern der Antenne ein gewünschtes Balisentelegramm ausgesendet werden kann. Ein so ausgesendetes Balisentelegramm der Antenne 7 ist dabei von dem Balisenempfänger 6 (BTM) entsprechend empfangbar.

[0040] Des Weiteren ist ein GSM-Modul 11 vorgesehen, das zum Aussenden und Empfangen von GSM-Funksignalen von bzw. an das Triebfahrzeug 1 ausgebildet ist. Hierüber lassen sich beispielsweise Fahrberechtigungen als fahrtregelungsbezogene Nachrichten via GSM an das Triebfahrzeug übertragen bzw. Positionsangaben als triebfahrzeugbezogene Nachrichten, die das Triebfahrzeug 1 ausgesendet hat, über das GSM-Modul 11 schließlich in der Simulationsvorrichtung 10 empfangen.

[0041] Schließlich weist die Simulationsvorrichtung 10 ein Odometriemodul 12 auf, welches mit den Odometrie-Impulsgebern des Triebfahrzeuges 1 so in Verbindung steht, dass dem Triebfahrzeug 1 bzw. der Fahrzeugeinrichtung 4 eine entsprechende Bewegung vorgetäuscht werden kann.

[0042] Das GSM-Modul 11, das Odometriemodul 12 sowie das Balisenmodul 13 werden durch ein Simulationsmodul 14 in Form einer Recheneinheit so angesteuert, dass dem Triebfahrzeug eine entsprechende Streckenfahrt auf einer ETCS-Gleisstrecke simuliert werden kann.

[0043] Vorzugsweise steht dabei das Simulationsmodul mit einem Streckenzentralenmodul 15 in Verbindung, das konkret basierend auf den Informationen entsprechende streckenspezifische Daten dem Simulationsmodul 14 bereitstellt, die dann an die entsprechenden Module 11, 12 und 13 ausgegeben werden können. So lassen sich genaue Infrastrukturdaten wie Neigung, Standort der Balisen sowie alle anderen notwendigen und erforderlichen Informationen dem Simulationsmodul 14 durch das Streckenzentralenmodul 15 bereitstellen.

[0044] Anhand eines Beispiels soll nachfolgend der Simulationsbetrieb kurz erläutert werden. Basierend auf den vorgegebenen Bewegungsinformationen durch das Odometriemodul 12 wird dem Fahrzeug 1 eine vorgegebene Geschwindigkeit simuliert. Zu einem bestimmten Zeitpunkt, an dem das Fahrzeug basierend auf seiner simulierten Geschwindigkeit einen entsprechenden Standort einer Balise erreicht hätte, wird durch das Balisenmodul 13 ein Balisentelegramm zur Positionsbestimmung ausgesendet, das dann durch das Balisenempfangsmodul 6 am Triebfahrzeug 1 empfangen wird. Basierend auf diesem empfangenen Balisentelegramm kann der Standort auf der Gleisstrecke virtuell erfasst und somit simuliert werden.

[0045] Die von dem Triebfahrzeug 1 so autark erfasste Positionsangabe wird nun über die GSM-Antenne 5 über einen GSM-Funkkanal als triebfahrzeugbezogene Nachricht ausgesendet und dann von dem GSM-Modul 11 der Simulationsvorrichtung 10 empfangen. Basierend hierauf wird von dem Simulationsmodul 14 eine simulierte Fahrberechtigung als fahrtregelungsbezogene Nachricht generiert, indem unter Zuhilfenahme des Streckenzentralenmoduls 15 die ent-

sprechenden Daten der spezifischen Strecke ermittelt werden. Anschließend wird diese Fahrtberechtigung als fahrtregelungsbezogene Nachricht, die neben dynamischen auch statische Informationen zur Strecke enthalten kann, über das GSM-Modul 11 an die GSM-Antenne 5 des Triebfahrzeuges 1 übertragen.

[0046] Die ETCS-Fahrzeugeinrichtung 4 empfängt diese via GSM ausgesendete simulierte Fahrtberechtigung als fahrtregelungsbezogene Nachricht, wobei das Triebfahrzeug dann basierend auf der erfassten Position, der ihm vorge-täuschten Bewegung sowie der empfangenen Fahrtberechtigung fahrzeugseitige Reaktionen wie optische oder akus-tische Anzeigen, Beschleunigungen oder Verzögerungen generiert (in der Simulation) und somit die fahrzeugseitige Reaktion beeinflusst.

[0047] Wird beispielsweise in der simulierten Fahrtberechtigung eine Geschwindigkeitsangabe enthalten sein, die deutlich niedriger ist als die durch das Odometriemodul 12 vorgetäuschten Bewegungsinformationen, so würde das Triebfahrzeug 1 durch die Steuerung der ETCS-Fahrzeugeinrichtung 4 eine Zwangsbremung einleiten. Genauso kann auch das Einfahren in einen nicht freigegebenen Blockabschnitt getestet werden.

[0048] Als triebfahrzeugseitige Nachrichten lassen sich auch Zugvollständigkeitsmeldungen an die simulierte Stre-ckenzentrale übertragen, so wie dies bei ETCS Level 3 vorgesehen ist.

[0049] Die Simulationsvorrichtung 10 ist somit insbesondere so ausgebildet, dass sie sämtliche durch den ETCS-Standard definierten fahrtregelungsbezogenen Nachrichten aussenden kann. Diese Nachrichten sind im Kapitel 8.5 für die Kommunikation von der Streckenzentrale zum Fahrzeug definiert, wobei nachfolgend ein Auszug aus dem Subset 026-8 als mögliche fahrtregelungsbezogene Nachrichten gezeigt wird.

Mes. Id.	Message Name	Type	Invariant	Transmitted by
2	SR Authorisation	N	No	RBC
3	Movement Authority	N	No	RBC
6	Recognition of exit from TRIP mode	N	No	RBC
8	Acknowledgement of Train Data	N	No	RBC
9	Request to Shorten MA	N	No	RBC
15	Conditional Emergency Stop	EorN	No	RBC
16	Unconditional Emergency Stop	E or N	No	RBC
18	Revocation of Emergency Stop	N	No	RBC
24	General message	N	No	RBC, RIU
27	SH Refused	N	No	RBC
28	SH Authorised	N	No	RBC
33	MA with Shifted Location Reference	N	No	RBC
34	Track Ahead Free Request	N	No	RBC
37	Infill MA	N	No	RIU
40	Train Rejected	N	No	RBC
32	RBC/RIU System Version	N	Yes	RBC, RIU
39	Acknowledgement of termination of a communication session	N	Yes	RBC, RIU
41	Train Accepted	N	No	RBC
43	SoM position report confirmed by RBC	N	No	RBC
45	Assignment of coordinate system	N	No	RBC

[0050] Bei der Nachricht mit der ID 2 handelt es sich dabei um die bereits angesprochene Erteilung einer Fahrerlaubnis durch die Streckenzentrale an das Fahrzeug.

[0051] Des Weiteren werden auch die Nachrichten vom Fahrzeug an die Streckenzentrale definiert, wobei die nach-folgende Tabelle, die ebenfalls einen direkten Auszug aus dem Subset 026-8 darstellt, die möglichen triebfahrzeugbe-zogenen Nachrichten zeigt.

EP 3 608 201 B1

Mes. Id.	Message Name	Type	Invariant	Transmitted to
129	Validated Train Data	N	No	RBC
130	Request for Shunting	N	No	RBC
132	MA Request	N	No	RBC
136	Train Position Report	N	No	RBC, RIU
137	Request to shorten MA is granted	N	No	RBC
138	Request to shorten MA is rejected	N	No	RBC
146	Acknowledgement	N	No	RBC, RIU
147	Acknowledgement of Emergency Stop	N	No	RBC
149	Track Ahead Free Granted	N	No	RBC
150	End of Mission	N	No	RBC
153	Radio infill request	N	No	RIU
154	No compatible version supported	N	Yes	RBC, RIU
155	Initiation of a communication session	N	Yes	RBC, RIU
156	Termination of a communication session	N	Yes	RBC, RIU
157	SoM Position Report	N	No	RBC
158	Text message acknowledged by driver	N	No	RBC
159	Session Established	N	No	RBC, RIU

[0052] Die bereits angesprochene Positionsmeldung des Fahrzeuges ist hier die Nachricht mit der ID 136.

Bezugszeichenliste

[0053]

- 1 - Triebfahrzeug
- 2 - Führerstand
- 3 - Fahrzeugführer
- 4 - ETCS-Fahrzeugeinrichtung (OBU)
- 5 - GSM-Antenne
- 6 - Balisenempfangsmodul (BTM)
- 7 - programmierbare Balise
- 10 - Simulationsvorrichtung
- 11 - GSM-Modul
- 12 - Odometriemodul
- 13 - Balisenmodul
- 14 - Simulationsmodul

Patentansprüche

1. Verfahren zum Simulieren einer Streckenfahrt eines Triebfahrzeuges (1) auf einer mit einem Zugbeeinflussungssystem ausgerüsteten Gleisstrecke, wobei das Triebfahrzeug (1) ein reales Triebfahrzeug ist und eine interne Fahrzeuginrichtung (4) zur Zugbeeinflussung hat, die mit einem streckenseitigen Zugbeeinflussungssystem der Gleisstrecke der simulierten Streckenfahrt zwecks Zugbeeinflussung entsprechend zusammenwirken kann, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst, ohne dass sich das Triebfahrzeug (1) dabei tatsächlich auf der Gleisstrecke bewegt:
 - Bereitstellen von simulierten Bewegungsinformationen der Fahrzeuginrichtung (4) des Triebfahrzeuges (1), um eine Bewegung des Fahrzeuges zu simulieren;
 - Generieren von mindestens einer triebfahrzeugbezogenen Nachricht durch die interne Fahrzeuginrichtung (4) des Triebfahrzeuges (1) und drahtloses Übertragen der triebfahrzeugbezogenen Nachricht an eine simulierte Streckenzentrale (15);
 - Generieren von mindestens einer fahrtregelungsbezogenen Nachricht durch die simulierte Streckenzentrale (15) in Abhängigkeit von der übertragenen triebfahrzeugbezogenen Nachricht und drahtloses Übertragen der fahrtregelungsbezogenen Nachricht an das Triebfahrzeug (1),
 - wobei die interne Fahrzeuginrichtung (4) des Triebfahrzeuges (1) eine simulierte fahrzeugseitige Reaktion in Abhängigkeit von der empfangenen fahrtregelungsbezogenen Nachricht beeinflusst.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die simulierten Bewegungsinformationen Geschwindigkeitsinformationen, Beschleunigungsinformationen und/oder Fahrtrichtungsinformationen enthalten.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine simulierte Positionsangabe des Triebfahrzeuges (1) durch die interne Fahrzeuginrichtung (4) des Triebfahrzeuges (1) erfasst und als triebfahrzeugbezogene Nachricht an die simulierte Streckenzentrale (15) übertragen wird, wobei die simulierte Streckenzentrale (15) in Abhängigkeit von der empfangenen simulierten Positionsangabe des Triebfahrzeuges (1) eine simulierte Fahrberechtigung generiert und als fahrtregelungsbezogene Nachricht an das Triebfahrzeug (1) überträgt.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine simulierte Zugvollständigkeit des Triebfahrzeuges (1) durch die interne Fahrzeuginrichtung (4) erfasst und als triebfahrzeugbezogene Nachricht an die simulierte Streckenzentrale (15) übertragen wird, wobei die simulierte Streckenzentrale (15) in Abhängigkeit von der empfangenen simulierten Zugvollständigkeit des Triebfahrzeuges (1) eine fahrtregelungsbezogene Nachricht generiert und an das Triebfahrzeug (1) überträgt.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Triebfahrzeug (1) in einen Simulationsmodus versetzt wird, bei dem manuelle Steuereingaben durch einen Triebfahrzeugführer (3) nicht in einer Bewegung des Triebfahrzeuges (1) umgesetzt werden und stattdessen simulierte Bewegungsinformationen der Fahrzeuginrichtung (4) bereitgestellt werden.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels einer unter dem Triebfahrzeug (1) vorgesehenen Antenne (7) ein oder mehrere Balisentelegramme zur Zugbeeinflussung an das Triebfahrzeug (1) übertragen werden, wobei die Fahrzeuginrichtung (4) weiterhin in Abhängigkeit von dem mindestens einem empfangenen Balisentelegramm die simulierte fahrzeugseitige Reaktion des Triebfahrzeuges (1) beeinflusst.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels einer unter dem Triebfahrzeug (1) vorgesehenen Antenne (7) ein oder mehrere Balisentelegramme zur Zugbeeinflussung an das Triebfahrzeug (1) übertragen werden, wobei die interne Fahrzeuginrichtung (4) in Abhängigkeit von dem mindestens einem empfangenen Balisentelegramm eine simulierte Positionsangabe des Triebfahrzeuges (1) auf der simulierten Gleisstrecke generiert.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die simulierten fahrtregelungsbezogenen Nachrichten von der simulierten Streckenzentrale via GSM an das Triebfahrzeug (1) übertragen werden, wobei das Triebfahrzeug (1) die simulierten fahrtregelungsbezogenen Nachrichten mittels einer fahrzeug-

seitigen GSM-Antenne (5) empfängt, und/oder dass die simulierten triebfahrzeugbezogenen Nachrichten des Triebfahrzeuges (1) via GSM an die simulierte Streckenzentrale übertragen werden, wobei das Triebfahrzeug (1) die simulierten triebfahrzeugbezogenen Nachrichten mittels einer fahrzeugseitigen GSM-Antenne (5) aussendet.

- 5 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die simulierte Streckenzentrale eine fahrtregelungsbezogene Nachricht weiterhin in Abhängigkeit von übermittelten Daten einer echten, virtuellen oder emulierten ETCS-Streckenzentrale (RBC) generiert.
- 10 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Übertragung der triebfahrzeugbezogenen Nachrichten und/oder der fahrtregelungsbezogenen Nachrichten verschlüsselt erfolgt.
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verschlüsselung in Abhängigkeit von übermittelten Daten einer echten, virtuellen oder emulierten Schlüsselmanagementzentrale (KMC) erfolgt.
- 15 12. Simulationsvorrichtung (10) zur Simulation einer Streckenfahrt eines Triebfahrzeuges (1) auf einer mit einem Zugbeeinflussungssystem ausgerüsteten Gleisstrecke, wobei das Triebfahrzeug (1) ein reales Triebfahrzeug ist und eine interne Fahrzeugeinrichtung (4) zur Zugbeeinflussung hat, die mit dem Zugbeeinflussungssystem der Gleisstrecke der simulierten Streckenfahrt zwecks Zugbeeinflussung entsprechend zusammenwirkt, wobei die Simulationsvorrichtung (10) eingerichtet ist,
 - simulierte Bewegungsinformationen der Fahrzeugeinrichtung (4) des Triebfahrzeuges (1) bereitzustellen, um eine Bewegung des Fahrzeuges zu simulieren,
 - mindestens eine von der internen Fahrzeugeinrichtung (4) des Triebfahrzeuges (1) generierten und an eine simulierte Streckenzentrale der Simulationsvorrichtung übertragene triebfahrzeugbezogene Nachricht zu empfangen, und
 - mindestens eine fahrtregelungsbezogene Nachricht durch die simulierte Streckenzentrale in Abhängigkeit von der übertragenen triebfahrzeugbezogenen Nachricht zu generieren und drahtlos an das Triebfahrzeug zu übertragen, um eine simulierte fahrzeugseitige Reaktion der internen Fahrzeugeinrichtung (4) des Triebfahrzeuges (1) in Abhängigkeit von der empfangenen fahrtregelungsbezogenen Nachricht zu beeinflussen.
- 20 13. Simulationsvorrichtung (10) nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung eine Antenne (7) zum Aussenden von Balisentelegrammen, ein Odometriemodul (12) zum Bereitstellen von simulierten Bewegungsinformationen an die interne Fahrzeugeinrichtung (4) des Triebfahrzeuges (1), ein Streckenzentralenmodul (15) zum Simulieren einer Streckenzentrale und/oder ein GSM-Übertragungsmodul (11) zum Übertragen von fahrtregelungsbezogenen Nachrichten und/oder zum Empfang von triebfahrzeugbezogenen Nachrichten hat sowie ein Simulationsmodul (14) zur Durchführung eines Simulationsverfahrens aufweist.

Claims

- 40 1. Method for simulating a route of a traction vehicle (1) on a section of track which is equipped with a automatic train control system, wherein the traction vehicle (1) is a real traction vehicle and has an internal vehicle device (4) for automatic train control, which device can correspondingly interact with a track-side automatic train control system of the section of track of the simulated route for the purposes of automatic train control, wherein
 - 45 the method comprises the following steps, without the traction vehicle (1) actually moving on the section of track here:
 - providing simulated movement information of the vehicle device (4) of the traction vehicle (1) in order to simulate a movement of the vehicle;
 - generating at least one traction-vehicle-related message by means of the internal vehicle device (4) of the traction vehicle (1) and wirelessly transmitting the traction-vehicle-related message to a simulated line control centre (15);
 - generating at least one travel-rule-related message by means of the simulated line control centre (15) as a function of the transmitted traction-vehicle-related message and wirelessly transmitting the travel-rule-related message to the traction vehicle (1),
 - 55 - wherein the internal vehicle device (4) of the traction vehicle (1) controls a simulated vehicle-end reaction as a function of the received travel-rule-related message.
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the simulated movement information contains speed information,

acceleration information and/or direction of travel information.

3. Method according to Claim 1 or 2, **characterized in that** a simulated position indication of the traction vehicle (1) is sensed by the internal vehicle device (4) of the traction vehicle (1) and is transmitted as a traction-vehicle-related message to the simulated line control centre (15), wherein the simulated line control centre (15) generates a simulated travel authorization as a function of the received simulated position indication of the traction vehicle (1) and transmits it as a travel-rule-related message to the traction vehicle (1).
4. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** a simulated train completeness of the traction vehicle (1) is sensed by the internal vehicle device (4) and transmitted as a traction-vehicle-related message to the simulated line control centre (15), wherein the simulated line control centre (15) generates a travel-rule-related message as a function of the received simulated train completeness of the traction vehicle (1) and transmits it to the traction vehicle (1).
5. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the traction vehicle (1) is placed in a simulation mode in which manual control inputs by a traction vehicle driver (3) are not converted into a movement of the traction vehicle (1), and instead simulated movement information of the vehicle device (4) is provided.
6. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** one or more beacon telegrams for controlling trains are transmitted to the traction vehicle (1) by means of an antenna (7) which is provided under the traction vehicle (1), wherein the vehicle device (4) also controls the simulated vehicle-side reaction of the traction vehicle (1) as a function of the at least one received beacon telegram.
7. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** one or more beacon telegrams for controlling trains are transmitted to the traction vehicle (1) by means of an antenna (7) which is provided under the traction vehicle (1), wherein the internal vehicle device (4) generates a simulated position indication of the traction vehicle (1) on the simulated section of track as a function of the at least one received beacon telegram.
8. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the simulated travel-rule-related messages are transmitted by the simulated line control centre to the traction vehicle (1) via GSM, wherein the traction vehicle (1) receives the simulated travel-rule-related messages by means of a vehicle-end GSM antenna (5), and/or **in that** the simulated traction-vehicle-related messages of the traction vehicle (1) are transmitted to the simulated line control centre via GSM, wherein the traction vehicle (1) emits the simulated traction-vehicle-related messages by means of a vehicle-end GSM antenna (5).
9. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the simulated line control centre generates a travel-rule-related message also as a function of transmitted data of a real, virtual or emulated ETCS line control centre (RBC).
10. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the transmission of the traction-vehicle-related messages and/or of the travel-rule-related messages is carried out in an encrypted fashion.
11. Method according to Claim 10, **characterized in that** the encryption is carried out as a function of transmitted data of a real, virtual or emulated key management control centre (KMC).
12. Simulation device (10) for simulating a route of a traction vehicle (1) on a section of track equipped with a automatic train control system, wherein the traction vehicle (1) is a real traction vehicle and has an internal vehicle device (4) for automatic train control, which device interacts correspondingly with the automatic train control system of the section of track of the simulated route for the purposes of controlling trains, wherein the simulation device (10) is configured
 - to provide simulated movement information of the vehicle device (4) of the traction vehicle (1), in order to simulate a movement of the vehicle,
 - to receive at least one traction-vehicle-related message which is generated by the internal vehicle device (4) of the traction vehicle (1) and transmitted to a simulated line control centre of the simulation device, and
 - to generate at least one travel-rule-related message by means of the simulated line control centre as a function

of the transmitted traction-vehicle-related message and to transmit it in a wireless fashion to the traction vehicle, in order to control a simulated vehicle-side reaction of the internal vehicle device (4) of the traction vehicle (1) as a function of the received travel-rule-related message.

- 5 13. Simulation device (10) according to Claim 12, **characterized in that** the device has an antenna (7) for emitting beacon telegrams, an odometry module (12) for providing simulated movement information to the internal vehicle device (4) of the traction vehicle (1), a line control centre module (15) for simulating a line control centre and/or a GSM transmission module (11) for transmitting travel-rule-related messages and/or for receiving traction-vehicle-related messages, as well as a simulation module (14) for carrying out a simulation method.

Revendications

- 15 1. Procédé de simulation d'un itinéraire d'un véhicule moteur (1) sur une voie ferrée équipée d'un système de contrôle de trains, le véhicule moteur (1) étant un véhicule moteur réel et ayant un équipement embarqué interne (4) destiné au contrôle de trains et capable de coopérer, en vue du contrôle de trains, en correspondance avec un système de contrôle de trains côté voie de la voie ferrée de l'itinéraire simulé, le procédé comprenant les étapes suivantes sans que le véhicule moteur (1) se déplace réellement sur la voie ferrée :

- 20 - fournir des informations de mouvement simulées de l'équipement embarqué (4) du véhicule moteur (1), afin de simuler un mouvement du véhicule ;
 - générer au moins un message relatif au véhicule moteur par l'équipement embarqué interne (4) du véhicule moteur (1), et transmettre sans fil le message relatif au véhicule moteur à un poste central de commande (15) simulé ;
 25 - générer au moins un message relatif à la régulation de conduite par le poste central de commande (15) simulé, en fonction du message transmis relatif au véhicule moteur, et transmettre sans fil le message relatif à la régulation de conduite au véhicule moteur (1),
 - l'équipement embarqué interne (4) du véhicule moteur (1) influençant une réaction simulée côté véhicule en fonction du message reçu relatif à la régulation de conduite.

- 30 2. Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que les informations de mouvement simulées comprennent des informations de vitesse, des informations d'accélération et/ou des informations de direction de déplacement.

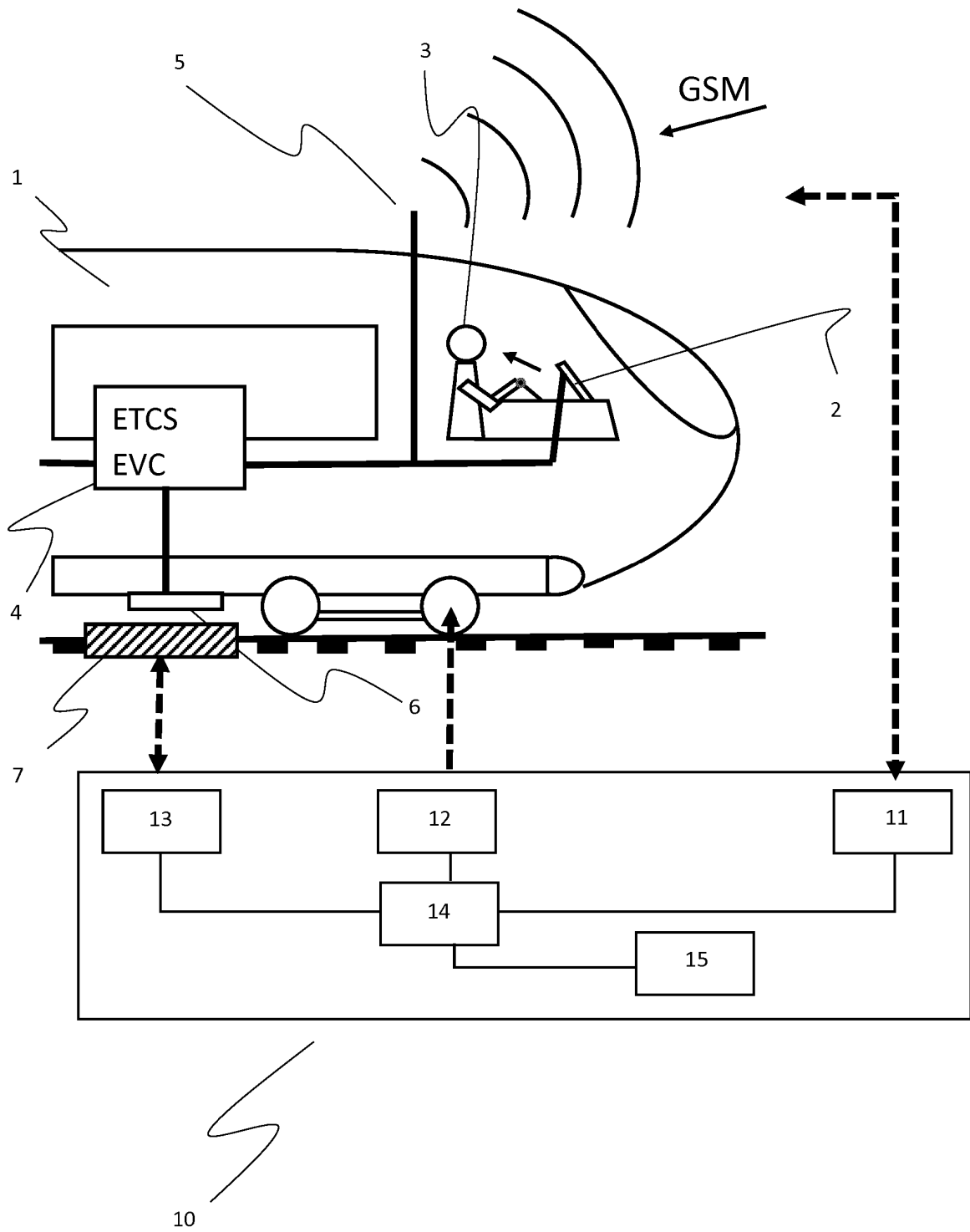
- 35 3. Procédé selon la revendication 1 ou 2,
caractérisé en ce qu'une information de position simulée du véhicule moteur (1) est détectée par l'équipement embarqué interne (4) du véhicule moteur (1) et est transmise comme message relatif au véhicule moteur au poste central de commande (15) simulé, le poste central de commande (15) simulé générant une autorisation de circulation simulée en fonction de l'information de position simulée reçue du véhicule moteur (1) et la transmettant comme message relatif à la régulation de conduite au véhicule moteur (1).

- 40 4. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce qu'une intégralité de train simulée du véhicule moteur (1) est détectée par l'équipement embarqué interne (4) et est transmise comme message relatif au véhicule moteur au poste central de commande (15) simulé,
 45 le poste central de commande (15) simulé générant un message relatif à la régulation de conduite en fonction de l'intégralité de train simulée reçue du véhicule moteur (1) et le transmettant au véhicule moteur (1).

- 50 5. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que le véhicule moteur (1) est mis dans un mode de simulation dans lequel les entrées de commande manuelles par un conducteur (3) du véhicule moteur ne sont pas converties en un mouvement du véhicule moteur (1), et, à la place de celles-ci, des informations de mouvement simulées de l'équipement embarqué (4) sont fournies.

- 55 6. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce qu'un ou plusieurs télégrammes de balise pour le contrôle de trains sont transmis au véhicule moteur (1) au moyen d'une antenne (7) prévue sous le véhicule moteur (1), l'équipement embarqué (4) influençant en outre la réaction simulée côté véhicule du véhicule moteur (1) en fonction dudit au moins un télégramme de balise reçu.

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce qu'un ou plusieurs télégrammes de balise pour le contrôle de trains sont transmis au véhicule moteur (1) au moyen d'une antenne (7) prévue sous le véhicule moteur (1), l'équipement embarqué interne (4) générant une indication de position simulée du véhicule moteur (1) sur la voie ferrée simulée, en fonction dudit au moins un télégramme de balise reçu.
8. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que les messages simulés relatifs à la régulation de conduite sont transmis du poste central de commande simulé au véhicule moteur (1) via GSM, le véhicule moteur (1) recevant les messages simulés relatifs à la régulation de conduite au moyen d'une antenne GSM (5) côté véhicule, et/ou **en ce que** les messages simulés relatifs au véhicule moteur du véhicule moteur (1) sont transmis au poste central de commande simulé via GSM, le véhicule moteur (1) transmettant les messages simulés relatifs au véhicule moteur au moyen d'une antenne GSM (5) côté véhicule.
9. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que le poste central de commande simulé génère un message relatif à la régulation de conduite en outre en fonction des données transmises d'un poste central de commande (RBC) réel, virtuel ou émulé de l'ETCS.
10. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que la transmission des messages relatifs au véhicule moteur et/ou des messages relatifs à la régulation de conduite est cryptée.
11. Procédé selon la revendication 10,
caractérisé en ce que le cryptage est effectué en fonction des données transmises d'un poste central de gestion de clés (KMC) réel, virtuel ou émulé.
12. Dispositif de simulation (10) pour la simulation d'un itinéraire d'un véhicule moteur (1) sur une voie ferrée équipée d'un système de contrôle de trains, le véhicule moteur (1) étant un véhicule moteur réel et comprenant un équipement embarqué interne (4) pour le contrôle de trains, qui coopère en correspondance avec le système de contrôle de trains de la voie ferrée de l'itinéraire simulé, en vue du contrôle de trains, dans lequel le dispositif de simulation (10) est conçu pour
 - fournir des informations de mouvement simulées de l'équipement embarqué (4) du véhicule moteur (1), afin de simuler un mouvement du véhicule ;
 - recevoir au moins un message relatif au véhicule moteur généré par l'équipement embarqué interne (4) du véhicule moteur (1) et transmis à un poste central de commande simulé du dispositif de simulation, et
 - générer au moins un message relatif à la régulation de conduite par le poste central de commande simulé, en fonction du message transmis relatif au véhicule moteur, et le transmettre sans fil au véhicule moteur, afin d'influencer une réaction simulée côté véhicule de l'équipement embarqué interne (4) du véhicule moteur (1) en fonction du message reçu relatif à la régulation de conduite.
13. Dispositif de simulation (10) selon la revendication 12,
caractérisé en ce que le dispositif présente une antenne (7) pour émettre des télégrammes de balise, un module d'odométrie (12) pour fournir des informations de mouvement simulées à l'équipement embarqué interne (4) du véhicule moteur (1), un module de poste central de commande (15) pour simuler un poste central de commande et/ou un module de transmission GSM (11) pour transmettre des messages relatifs à la régulation de conduite et/ou pour recevoir des messages relatifs au véhicule moteur, et un module de simulation (14) pour mettre en œuvre un procédé de simulation.



Figur 1

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

- EP 3326888 A1 [0010]
- US 20170369085 A1 [0011]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **OH SEHCHAN et al.** Simulator design for communication based train control system. *13th international conference on control, Automation and Systems (IC-CAS)*, 2013 [0009]