



(11) **EP 2 186 707 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
19.05.2010 Patentblatt 2010/20

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

(21) Anmeldenummer: **09014337.1**

(22) Anmeldetag: **17.11.2009**

(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 SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA RS

(71) Anmelder: **Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.**
51147 Köln (DE)

(72) Erfinder: **Lackhove, Christoph**
38114 Braunschweig (DE)

(30) Priorität: **17.11.2008 DE 102008057750**

(74) Vertreter: **Günther, Constantin et al**
Gramm, Lins & Partner
Freundallee 13 a
D-30173 Hannover (DE)

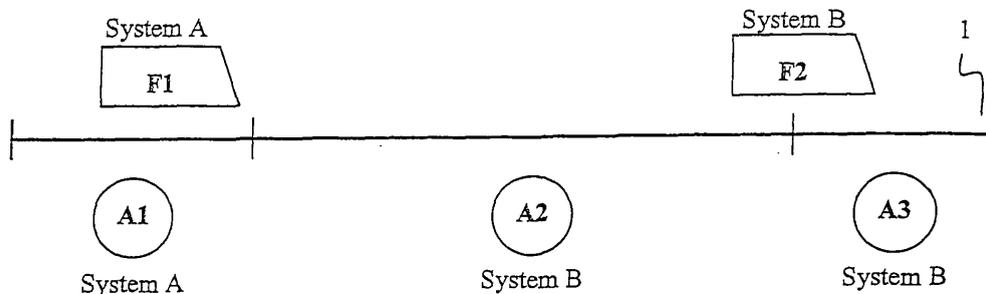
(54) **Verfahren zur Ermittlung einer optimalen Migration**

(57) Verfahren zur Ermittlung einer optimalen Migration von einem technischen Ausrüstungs-Anfangszustand zu einem technischen Ausrüstungs-Endzustand eines von Fahrzeugen befahrenen Streckenkorridors, wobei ein technischer Ausrüstungszustand die Menge aller technischen Ausrüstungssysteme des Streckenkorridors darstellt, und der Ausrüstungs-Anfangszustand die an dem Streckenkorridor vorhandenen technischen Ausrüstungssysteme und der technische Ausrüstungs-Endzustand zumindest die an dem Streckenkorridor zu installierenden Ausrüstungssysteme darstellt, gekennzeichnet durch die Schritte:

- Unterteilen des zu migrierenden Streckenkorridors in mindestens zwei Abschnitte,
- Zuweisen mindestens eines Fahrzeuges zu einem oder mehreren zusammenhängenden Abschnitten des Streck-

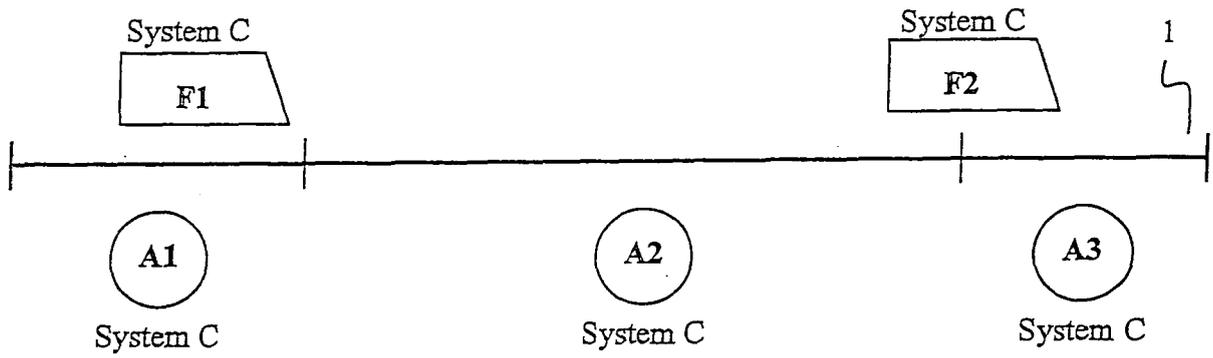
korridors,

- Ermitteln eines Migrationsszenarios durch sequentielle Migration der Abschnitte zu einem für den jeweiligen Abschnitt nächstmöglichen technischen Ausrüstungszustand, bis die Migration vollständig abgeschlossen und der technische Ausrüstungs-Endzustand des zu migrierenden Streckenkorridors erreicht ist, wobei nach der Migration eines Abschnitts die technischen Ausrüstungssysteme des jeweiligen Abschnitts mit den technischen Ausrüstungssystemen der den jeweiligen Abschnitt betreffenden Fahrzeuge zusammenwirken,
- Wiederholen des vorhergehenden Schrittes mit unterschiedlichen Reihenfolgen der sequentiellen Migration der Abschnitte und Ermitteln einer Vielzahl von unterschiedlichen Migrationsszenarien, und
- Ermitteln einer optimalen Migration aus der Vielzahl von ermittelten Migrationsszenarien.



Figur 1a

EP 2 186 707 A1



Figur 1b

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung einer optimalen Migration von einem technischen Ausrüstungs-Anfangszustand zu einem technischen Ausrüstungs-Endzustand eines von Fahrzeugen befahrenen Streckenkorridors, wobei ein technischer Ausrüstungszustand die Menge aller technischen Ausrüstungssysteme des Streckenkorridors darstellt, und der Ausrüstungs-Anfangszustand die an dem Streckenkorridor vorhandenen technischen Ausrüstungssysteme und der technische Ausrüstungs-Endzustand zumindest die an dem Streckenkorridor zu installierenden Ausrüstungssysteme darstellt.

[0002] Die Anforderungen an die Mobilität und Flexibilität im Personen- und Güterverkehr nehmen stetig zu. Im Personenverkehr lässt sich das unter anderem darauf zurückführen, dass sich ein immer weiter zunehmendes Umweltbewusstsein in der Gesellschaft etabliert sowie die Tatsache, dass mit steigenden Energiekosten der Verkehr auf der Schiene zu einer echten Alternative wird. Durch die zunehmende Anzahl von zu transportierenden Gütern ist auch in den letzten Jahren im Güterverkehr der Trend zu beobachten, dass der Markt mehr Gütertransporte auf die Schiene verlagern will. Insbesondere im Zusammenhang mit dem grenzüberschreitenden Dienstleistungs- und Güterverkehr innerhalb der Europäischen Gemeinschaft ist es für die betreffenden Verkehrsunternehmen notwendig, dass ein länderüberschreitender Schienenverkehr problemlos möglich ist.

[0003] Die Anforderungen an die so genannte Interoperabilität, d.h. der grenzüberschreitende Personen- und Güterverkehr, sind sehr hoch. So muss unter anderem gewährleistet werden, dass ein Schienenfahrzeug mit den entsprechenden Eisenbahnleit- und Sicherungstechniken des jeweiligen Landes zusammenarbeitet bzw. zusammenwirkt, damit ein Befahren des ausländischen Schienennetzes unter dem Gesichtspunkt der Sicherheit möglich wird. Dies führt heutzutage dazu, dass die entsprechenden Schienenfahrzeuge mit zweierlei Ausrüstungssystemen versehen sein müssen, was zusätzliche Kosten verursacht. Ist das Schienenfahrzeug nicht in der Lage, mit den Eisenbahnleit- und Sicherungssystemen des ausländischen Schienennetzes zusammenwirken, so ist ein Verladen der zu transportierenden Güter auf ein entsprechend damit ausgerüstetes Schienenfahrzeug notwendig, was ebenfalls zu erhöhten Kosten bei dem Transport verursacht. Aufgrund dieser Unflexibilität des Systems Schiene im Hinblick auf die Interoperabilität werden auch heute noch viele Güter auf der Straße transportiert, was eine umwelttechnische und ökonomische Belastung darstellt.

[0004] Von dem Verband der Europäischen Eisenbahnindustrie (UNIFE) wurde das ERTMS (European Rail Traffic Management System) entwickelt, das zukünftig das System für Management und Steuerung des Eisenbahnverkehrs innerhalb der Europäischen Gemeinschaft darstellen und somit ein transeuropäisches Schie-

nenetz gewährleisten soll. Einer der Hauptkomponenten des ERTMS ist das ETCS (European Train Control System), welches innerhalb des transeuropäischen Schienennetzes die Funktion der Zugsicherung realisieren soll. Dazu ist es notwendig, dass die unterschiedlichen Zugsicherungssysteme der einzelnen Länder auf das neue ETCS umgerüstet werden, so dass ein problemloser länderübergreifender Schienenverkehr möglich wird. Bei der europaweiten Einführung des ERTMS ergibt sich jedoch das Problem, dass während der Umbaumaßnahmen bzw. Installation des ETCS die betreffenden Strecken für die Zeit der Umbaumaßnahmen nicht stillgelegt werden können. Vielmehr ist es notwendig, dass der Übergang von den unterschiedlichen Systemen zu einem einheitlichen System während des laufenden Betriebs erfolgt, ohne dass der Eisenbahnverkehr dabei wesentlich gestört wird.

[0005] In Wendel, Stefan: Korridor Rotterdam - Genua, Deine Bahn, 6/2008 wird beschrieben, dass die Migration, d.h. die Ersetzung des alten Systems durch das europaweite neue System, zunächst einmal an sogenannten Streckenkorridoren erfolgt, die wichtige Verkehrsstrecken darstellen. Diese Streckenkorridore sind dabei länderübergreifend gewählt, so dass ein Schienenfahrzeug nach heutigem Stand mit den jeweiligen Zugsicherungstechniken der Länder ausgerüstet sein muss, durch das der Korridor führt.

[0006] Ziel ist es nun, einen solchen kompletten Streckenkorridor auf das neue einheitliche System umzustellen, ohne dabei den laufenden Betrieb zu unterbrechen. In dem Artikel wird dies anhand des Korridors, der von Rotterdam nach Genua führt, beschrieben. Dabei wird insbesondere erklärt, dass sowohl für den Ausbau als auch für den Rückbau von überflüssigen Infrastrukturen einer Migrationsstrategie vorliegen muss, die sowohl aus technischen als auch aus wirtschaftlichen Aspekten optimal ist. Denn es macht langfristig betrachtet keinen Sinn, Teile des Streckenkorridors auch weiterhin mit dem Altsystem zu betreiben. Demnach kann die vollständige Migration des neuen europaweiten Zugsicherungssystems nur schrittweise erfolgen.

[0007] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren anzugeben, mit dem eine optimale Migrationsstrategie für einen entsprechenden Streckenkorridor ermittelt werden kann.

[0008] Die Aufgabe wird mit dem Verfahren der eingangs genannten Art erfindungsgemäß gelöst durch die Schritte:

- 50 - Unterteilen des zu migrierenden Streckenkorridors in mindestens zwei Abschnitte,
- Zuweisen mindestens eines Fahrzeuges zu einem oder mehreren zusammenhängenden Abschnitten des Streckenkorridors,
- 55 - Ermitteln eines Migrationsszenarios durch sequentielle Migration der Abschnitte zu einem für den jeweiligen Abschnitt nächstmöglichen technischen Ausrüstungszustand, bis die Migration vollständig

abgeschlossen und der technische Ausrüstungs-Endzustand des zu migrierenden Streckenkorridors erreicht ist, wobei nach der Migration eines Abschnitts die technischen Ausrüstungssysteme des jeweiligen Abschnitts mit den technischen Ausrüstungssystemen der den jeweiligen Abschnitt betreffenden Fahrzeuge zusammenwirken,

- Wiederholen des vorhergehenden Schrittes mit unterschiedlichen Reihenfolgen der sequentiellen Migration der Abschnitte und Ermitteln einer Vielzahl von unterschiedlichen Migrationsszenarien, und
- Ermitteln einer optimalen Migration aus der Vielzahl von ermittelten Migrationsszenarien.

[0009] Erfindungsgemäß wird der zu migrierende Streckenkorridor zunächst in mindestens zwei Abschnitte unterteilt, wobei die Unterteilung des Streckenkorridors in Abschnitten, vorteilhafterweise in Abhängigkeit von topologischen Begebenheiten wie Staats- und Ländergrenzen, erfolgt. Nachdem die Unterteilung des Streckenkorridors in Abschnitte durchgeführt wurde, werden die den Streckenkorridor befahrenen Schienenfahrzeuge betrachtet. Dabei werden jedem Abschnitt die Fahrzeuge zugewiesen, die den betreffenden Abschnitt ausschließlich befahren. Wird ein Fahrzeug mehreren Abschnitten zugewiesen, so bedeutet dies, dass ein solches Fahrzeug mehrere Abschnitte befahren kann.

[0010] Als nächstes erfolgt die Ermittlung eines Migrationsszenarios. Dabei werden nacheinander die einzelnen Abschnitte des Streckenkorridors und gegebenenfalls die zu dem jeweiligen Abschnitte gehörenden Fahrzeuge migriert, so dass nach Abschluss aller notwendigen Migrationsschritte der Streckenkorridor den gewünschten Ausrüstungs-Endzustand aufweist. In dem oben geschilderten Fall bedeutet dies konkret, dass der gesamte Streckenkorridor nunmehr mit einem Ausrüstungssystem versehen ist, der einen ungehinderten Schienenverkehr ermöglicht. Unter einem solchen Migrationsschritt eines Abschnitts kann dabei zum einen verstanden werden, dass ein technisches Ausrüstungssystem dem Abschnitt hinzugefügt wird oder ein bestehendes technisches Ausrüstungssystem aus dem Abschnitt entfernt wird. Bei jedem Migrationsschritt ist es jedoch erforderlich, dass nach Abschluss des Migrationsschrittes die den Abschnitt betreffenden Fahrzeuge technisch noch in der Lage sind, diesen zu befahren, d.h. dass die technischen Ausrüstungssysteme auf den Fahrzeugen mit denen in dem entsprechenden Abschnitt vorhandenen zusammenwirken. Dieses Erfordernis ergibt sich dabei daraus, dass während der gesamten Migration gewährleistet sein muss, dass die Fahrzeuge weiterhin den entsprechenden Abschnitt ungehindert befahren können.

[0011] Es sei beispielhaft erläutert, dass dies dazu führen kann, dass entweder in dem Abschnitt oder an den den Abschnitt betreffenden Fahrzeugen unterschiedliche Ausrüstungssysteme gleichzeitig vorhanden sein können. So ist denkbar, dass in einem ersten Abschnitt

ein neues Ausrüstungssystem hinzugefügt wird, wobei das bereits vorhandene Ausrüstungssystem in diesem Abschnitt erst dann entfernt werden kann, wenn die Fahrzeuge, die den Abschnitt befahren, das alte Ausrüstungssystem nicht mehr benötigen. Befährt ein solches Fahrzeug mehrere Abschnitte, so kann dementsprechend das alte Ausrüstungssystem in einem Abschnitt erst dann entfernt werden, wenn in allen anderen Abschnitten, die das Fahrzeug befährt, das neue Ausrüstungssystem ebenfalls vorhanden ist. Wird demgemäß auch das alte Ausrüstungssystem von dem Fahrzeug entfernt, so würde ein ungehinderter Verkehr nicht mehr möglich sein.

[0012] Die Reihenfolge, mit der die Abschnitte nacheinander migriert werden, ist dabei frei wählbar. In einem nächsten Schritt wird nun die Ermittlung eines solchen oben genannten Migrationsszenarios wiederholt, indem jeweils immer eine unterschiedliche Reihenfolge der Migration der Abschnitte gewählt wird, so dass sich im Anschluss daran, eine Vielzahl von Migrationsszenarien ergeben. Diese Migrationsszenarien unterscheiden sich dabei in jedem Migrationsschritt in dem jeweiligen technischen Ausrüstungszustand.

[0013] Nach Ermittlung aller möglichen Migrationsszenarien wird nun aus der Vielzahl von Migrationsszenarien das optimale Szenario ausgewählt, welches am ehesten geeignet ist, die Migration des Streckenkorridors durchzuführen. Die Ermittlung kann dabei auch vorteilhafterweise hinsichtlich von ökonomischen Aspekten oder zeitlichen Aspekten erfolgen, sowie hinsichtlich des technischen Ausrüstungsgrades.

[0014] Vorteilhafterweise ist der zu migrierende Streckenkorridor eine Gleisstrecke und die entsprechenden Fahrzeuge Schienenfahrzeuge, wobei die technischen Ausrüstungssysteme ein Teil einer Eisenbahnleit- und Sicherungstechnik darstellen. Damit kann das Verfahren dazu verwendet werden, die Migration eines Streckenkorridors, der durch mehrere Staaten verläuft, zu dem angestrebten ERTMS zu simulieren und die optimale Migrationsstrategie zu ermitteln.

[0015] Vorteilhafterweise kann die Reihenfolge der sequentiellen Migration der Abschnitte durch Zuweisen entsprechender Prioritäten festgelegt werden, die sich z.B. aus wirtschaftlichen oder technischen Gesichtspunkten ergeben. Dabei können mehreren Abschnitten auch gleiche Prioritäten zugewiesen werden. Dadurch kann die Anzahl der möglichen Migrationsszenarien verkleinert werden.

[0016] Besonders vorteilhaft ist es, wenn ein ermitteltes Migrationsszenario als gerichteter Graph hinterlegt wird. Dabei repräsentiert jeder Knoten des gerichteten Graphen einen technischen Ausrüstungszustand des Streckenkorridors, wobei jede Kante von einem Knoten zu einem nächstfolgenden Knoten den Migrationsschritt eines Abschnitts darstellt. Ein solches Migrationsszenario ist dann abgeschlossen, wenn der letzte Knoten (Endknoten) den gewünschten technischen Ausrüstungs-Endzustand aufweist.

[0017] Ein solcher gerichteter Graph kann z.B. ein Pe-

tri-Netz sein.

[0018] Um die Komplexität weiter zu verringern, ist es vorteilhaft, wenn in einem solchen Graphen oder Petri-Netz solche Endknoten ermittelt werden, bei denen mindestens ein Abschnitt des Streckenkorridors noch ein technisches Ausrüstungssystem aufweist, welches nicht dem zu installierenden technischen Ausrüstungssystem entspricht. D.h. mit anderen Worten, es werden solche Zustände gesucht, bei denen der Rückbau des alten Systems noch nicht vollständig abgeschlossen ist. Wurde ein solcher Knoten ermittelt, so wird dieser Migrationspfad aus dem Graphen entfernt, indem zunächst Endknoten aus dem Graphen entfernt und dann rekursiv alle Knoten gelöscht werden, die ausschließlich zu diesem Endknoten führen.

[0019] Damit wird der gesamte Graph derart bereinigt, dass nur noch sinnvolle Migrationsszenarien übrig bleiben.

[0020] Des Weiteren ist es besonders vorteilhaft, wenn die Migration eines Abschnittes weiterhin in Abhängigkeit bestimmter Randbedingungen, wie zum Beispiel die Bedingung, dass nur eine fahrzeugseitige Doppelausrüstung vorliegen darf, erfolgt. Als solche Randbedingungen sind aber auch denkbar, dass ausschließlich eine streckenseitige Doppelausrüstung erfolgen darf oder sowohl eine fahrzeugseitige als auch eine streckenseitige Doppelausrüstung vorliegen kann.

[0021] Die Erfindung wird anhand der beigefügten Zeichnungen beispielhaft erläutert. Es zeigen:

Figur 1 a, 1b - Schematische Darstellung eines Streckenkorridors mit drei Abschnitte und unterschiedlichen Ausrüstungssystemen;

Figur 2 - Abbildung eines Teiles eines Petrinetzes.

[0022] Figur 1 a zeigt eine schematische Darstellung eines Streckenkorridors 1, der in drei Abschnitte A1, A2 und A3 unterteilt ist. Wie der Abbildung zu entnehmen ist, ist in dem Abschnitt A1 Zugsicherungssystem A installiert, was zum Beispiel das dänische Zugsicherungssystem ZUB 123 sein kann. Im Gegensatz dazu sind in den beiden Abschnitten A2 und A3 streckenseitig ein System B verbaut, was zum Beispiel das deutsche Zugsicherungssystem INDUSI/LZB sein kann. Da dieses Zugsicherungssystem auch in Österreich Verwendung findet, könnte der Streckenkorridor 1 von Dänemark nach Österreich reichen, so dass Abschnitt A1 in Dänemark liegt, Abschnitt A2 in Deutschland und Abschnitt A3 in Österreich.

[0023] Des Weiteren ist Figur 1 a zu entnehmen, dass in Abschnitt A1 ausschließlich das Fahrzeug F1 fährt, wobei das Fahrzeug F1 zugseitig mit dem System A ausgestattet ist, so dass das zugseitige System A und das streckenseitige System A des Abschnittes A1 zusammen wirken und eine Zugsicherung in diesem Bereich durch-

geführt werden kann. Das zweite Fahrzeug F2 ist dabei ausgelegt, in den beiden Abschnitten A2 und A3 zu fahren. Das Fahrzeug F2 ist dabei mit dem Zugsicherungssystem B fahrzeugseitig ausgerüstet, so dass es mit dem streckenseitig installierten System B in Abschnitt A2 und A3 zum Zwecke der Zugsicherung zusammenwirkt. Zurückkommend auf das obige Beispiel, bei dem der Abschnitt A2 Deutschland und der Abschnitt A3 Österreich ist, ergibt sich die Tatsache, dass das Fahrzeug F2 grenzüberschreitend verkehrt und so eine Interoperabilität gewährleistet sein muss.

[0024] Ziel ist es nun, den gesamten Streckenkorridor 1 mit dem Zugsicherungssystem C auszustatten, was zum Beispiel das europäische European Train Control System (ETCS) sein kann. Dazu müssen sowohl streckenseitig als auch fahrzeugseitig entsprechende Umbaumaßnahmen vorgenommen werden, so dass ein grenzüberschreitender Schienenverkehr möglich wird.

[0025] Die vollständige Migration auf das System C ist in Figur 1b gezeigt.

[0026] Nachfolgend wird die Ermittlung eines Migrationsszenarios mit der folgenden Erfindung beschrieben. Um ein solches Migrationsszenario zu erstellen, werden die einzelnen Abschnitte sowie die mit den Abschnitten verbundenen Fahrzeuge sequenziell, das heißt nacheinander, migriert, bis das neue System C vollständig installiert ist. In einem ersten Migrationsschritt wird Abschnitt A1 migriert, so dass neben das bereits vorhandene System A zusätzlich das System C an der Strecke installiert wird. Das zu dem Abschnitt A1 gehörende Fahrzeug F1 kann dabei weiterhin die Strecke befahren, obwohl es mit dem System C noch nicht ausgerüstet ist, da System A weiterhin an der Strecke verbaut und aktiv ist. Eine solche Migration des Abschnitts A1 ist jedoch unvollständig, da der Rückbau des Systems A noch nicht erfolgt ist. Ein solcher Rückbau kann erst dann erfolgen, wenn das Fahrzeug F1 mit dem System C fahrzeugseitig ausgerüstet wird. Ist dies der Fall, so wird das System A im Abschnitt A1 überflüssig und kann aus dem entsprechenden Abschnitt in einem zweiten Migrationsschritt entfernt werden, wobei es hier wichtig ist zu beachten, dass es keine weiteren Fahrzeuge gibt, die im Abschnitt A1 auf das System A angewiesen sind. Dies ist hier der Fall. Nach zwei Migrationsschritten wäre somit der Abschnitt A1 vollständig auf das System C migriert, wie dies in Figur 1b dargestellt ist.

[0027] In einem dritten Migrationsschritt wird nun der Abschnitt A2 auf das System C migriert, wobei auch hier ein Rückbau des alten Systems noch nicht erfolgen kann, da das Fahrzeug F2 nur mit dem System B ausgerüstet ist. Erst wenn das Fahrzeug F2 mit dem System C ausgestattet ist, könnte zumindest ein streckenseitiger Rückbau des Systems B im Abschnitt A2 erfolgen. Das auf dem Fahrzeug F2 installierte System B kann darüber hinaus noch nicht von dem Schienenfahrzeug entfernt werden, da im Abschnitt A3 nur das System B vorhanden ist. Insofern benötigt das Fahrzeug F2 das System B noch, um den Abschnitt A3 befahren zu können. Wird in

einem nächsten Migrationsschritt der Abschnitt A3 migriert und das System C installiert, so kann auf dem Fahrzeug F2 nunmehr das System B abgebaut und das neue System C ausschließlich installiert werden, da in beiden Abschnitten, die von dem Fahrzeug F2 befahren werden, das entsprechende System vorhanden ist.

[0028] An dieser Stelle könnte die Migration abgeschlossen sein, da in jedem der drei Abschnitte nunmehr das System C installiert ist und die Fahrzeuge F1 und F2 fahrzeugseitig ebenfalls dieses System C aufweisen. Jedoch wäre ein solches Migrationsszenario wenig sinnvoll, da in den Abschnitten A2 und A3 weiterhin noch das System B parallel zu dem System C installiert ist, obwohl es an sich nicht mehr benötigt wird. Ein solches Migrationsszenario würde daher im Anschluss an die Ermittlung der Vielzahl von Migrationsszenarien aus dem Pool von Migrationsszenarien gelöscht, da es als nicht sinnvoll angesehen wird.

[0029] Enthält das Migrationsszenario aus Figur 1a und Figur 1b jedoch auch in weiteren Migrationsschritten den Rückbau des Systems B in Abschnitt A2 und A3, so ist die Migration ebenfalls vollständig abgeschlossen, wobei dieses Migrationsszenario dann als sinnvoll angesehen wird.

[0030] Als entsprechende Randbedingungen der Migration können zum Beispiel angesehen werden, dass ausschließlich fahrzeugseitige oder streckenseitige Doppelausrüstungen vorgesehen sein sollten. Durch eine entsprechende Priorisierung der Abschnitte kann darüber hinaus auch erreicht werden, dass eine bestimmte Reihenfolge bei der Migration der Abschnitte eingehalten werden soll.

[0031] Nach Abschluss einer Ermittlung eines solchen Migrationsszenarios werden mit unterschiedlichen Reihenfolgen der Migration bzw. unterschiedlichen Strategien weitere Migrationsszenarien erstellt. So ist es zum Beispiel denkbar, dass das erste Migrationsszenario ausschließlich eine fahrzeugseitige Doppelausrüstung vorsieht, während das zweite Migrationsszenario ausschließlich eine streckenseitige Doppelausrüstung vorsieht. In einem dritten Migrationsszenario könnte dann sowohl eine streckenseitige als auch eine fahrzeugseitige Doppelausrüstung vorgesehen sein, so dass sich letztlich drei unterschiedliche Migrationsszenarien für jede gewählte Reihenfolge ergeben. Werden nun noch die Reihenfolgen der sequentiellen Migration verändert, so ergibt sich eine Vielzahl von Migrationsszenarien, aus denen zum Schluss die optimale Migration ermittelt werden kann. Dies kann zum Beispiel hinsichtlich wirtschaftlicher oder technischer Aspekte geschehen.

[0032] Die Vielzahl von Migrationsszenarien können dabei vorteilhafterweise in einem Petri-Netz dargestellt werden, wie dies auszugsweise in Figur 2 gezeigt ist. Der Anfangsknoten N1 repräsentiert dabei den technischen Ausrüstungs-Anfangszustand des kompletten Streckenkorridors. Ausgehend von dem Anfangsknoten N1 wird mittels einer Migration E1 eines Abschnittes der technische Ausrüstungszustand des Streckenkorridors

verändert, der dann durch den Knoten N2 repräsentiert wird. Durch eine weitere Migration eines Abschnittes, was in Figur 2 durch die Kante E2 dargestellt ist, wird der Endzustand N3 erreicht, bei dem die Migration vollständig abgeschlossen ist. Ausgehend von N3 zum Wurzelknoten N1 wäre dies ein vollständiges Migrationsszenario, was durch diese Art der Darstellung repräsentiert wird.

[0033] Ein weiteres Migrationsszenario könnte sich dabei dadurch ergeben, dass im Knoten N2, der einen bestimmten Ausrüstungszustand des Streckenkorridors repräsentiert, eine Migration eines Abschnittes vorgenommen wird, die in Figur 2 mit E3 bezeichnet ist und zu dem Ausrüstungszustand des Knotens N4 führt. Dies wäre dann ein zweites Migrationsszenario M2, welches zumindest teilweise mit dem ersten Migrationsszenario M1 übereinstimmt.

[0034] So lassen sich letztendlich die verschiedenen Migrationsszenarien, die aus der schrittweisen Migration der einzelnen Abschnitte entstanden sind, in einem solchen mathematisch korrekten Modell abbilden. Ausgehend davon können nun solche Endzustände ermittelt werden, bei denen zumindest ein Abschnitt noch mit einem alten System ausgerüstet ist, obwohl dieses von keinem Fahrzeug benötigt wird. Wurde ein solcher Endknoten gefunden, so handelt es sich hierbei um ein Migrationsszenario, welches für den vorliegenden Fall wenig sinnvoll erscheint und aus der Vielzahl von Migrationsszenarien herausgelöscht werden kann. In dem Petri-Netz in Figur 2 würde dies dadurch geschehen, dass der Endknoten gelöscht würde und dann rekursiv jeder weitere Knoten gelöscht würde, der ausschließlich zu diesem gelöschten Endknoten führt. Dadurch kann die Komplexität des Netzes deutlich reduziert und somit auf die ausschließlich sinnvollen Migrationsszenarien beschränkt werden.

[0035] Nachdem die Daten auf das relevante reduziert wurden, kann eine Kategorisierung der Zustände des Petri-Netzes vorgenommen werden. Dabei kann die Unterteilung in folgende Kategorien erfolgen:

"Keine Interoperabilität": Fahrzeuge, die nur das neue System besitzen, können sich nicht auf den für sie vorgesehen Abschnitten bewegen.

"Interoperabilität": Fahrzeuge, die nur das neue System besitzen und für grenzüberschreitenden Verkehr eingesetzt werden, können sich auf den für sie vorgesehenen Abschnitten bewegen, wobei die Migration jedoch noch nicht abgeschlossen ist.

"Migration beendet, minimale Umrüstung": Nur Fahrzeuge, die auf das neue System angewiesen sind, wurden umgerüstet; Interoperabilität ist hergestellt, die Migration ist abgeschlossen.

"Migration beendet, vollständige Umrüstung": Alle Fahrzeuge und alle Strecken sind ausschließlich mit

dem neuen System ausgerüstet, es ist kein altes System mehr vorhanden.

"Migration beendet": Die Migration ist beendet, es handelt es sich aber weder um eine vollständige noch um eine minimale Umrüstung. 5

[0036] Die Unterteilung in Kategorien kann dabei für jeden Knoten erfolgen, so dass jeder Knoten einer Kategorie angehört. Damit wird der Migrationsprozess nicht mehr als ein undifferenzierter Vorgang angesehen, sondern es liegt eine Unterteilung in Phasen vor. Das ganze Verfahren kann dabei vollständig automatisiert ablaufen, so dass von Hand keinerlei Eingriffe notwendig werden. 10 15

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung einer optimalen Migration von einem technischen Ausrüstungs-Anfangszustand zu einem technischen Ausrüstungs-Endzustand eines von Fahrzeugen befahrenen Streckenkorridors, wobei ein technischer Ausrüstungs-Endzustand die Menge aller technischen Ausrüstungssysteme des Streckenkorridors darstellt, und der Ausrüstungs-Anfangszustand die an dem Streckenkorridor vorhandenen technischen Ausrüstungssystem und der technische Ausrüstungs-Endzustand zumindest die an dem Streckenkorridor zu installierenden Ausrüstungssysteme darstellt, **gekennzeichnet durch** die Schritte: 20 25 30

- Unterteilen des zu migrierenden Streckenkorridors in mindestens zwei Abschnitte, 35
- Zuweisen mindestens eines Fahrzeuges zu einem oder mehreren zusammenhängenden Abschnitten des Streckenkorridors,
- Ermitteln eines Migrationsszenarios **durch** sequentielle Migration der Abschnitte zu einem für den jeweiligen Abschnitt nächstmöglichen technischen Ausrüstungs-Endzustand, bis die Migration vollständig abgeschlossen und der technische Ausrüstungs-Endzustand des zu migrierenden Streckenkorridors erreicht ist, wobei nach der Migration eines Abschnitts die technischen Ausrüstungssysteme des jeweiligen Abschnitts mit den technischen Ausrüstungssystemen der den jeweiligen Abschnitt betreffenden Fahrzeuge zusammenwirken, 40 45
- Wiederholen des vorhergehenden Schrittes mit unterschiedlichen Reihenfolgen der sequentiellen Migration der Abschnitte und Ermitteln einer Vielzahl von unterschiedlichen Migrationsszenarien, und 50
- Ermitteln einer optimalen Migration aus der Vielzahl von ermittelten Migrationsszenarien. 55

2. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet**

durch Migration eines Abschnitts zu einem für den jeweiligen Abschnitt nächstmöglichen technischen Ausrüstungs-Endzustand derart, dass ein mögliches technisches Ausrüstungssystem dem jeweiligen Abschnitt und/oder den Fahrzeugen, die dem jeweiligen Abschnitt zugewiesen sind, hinzugefügt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **gekennzeichnet durch** Migration eines Abschnitts zu einem für den jeweiligen Abschnitt nächstmöglichen technischen Ausrüstungs-Endzustand derart, dass ein technisches Ausrüstungssystem dem jeweiligen Abschnitt und/oder den Fahrzeugen, die dem jeweiligen Abschnitt zugewiesen sind, entfernt wird. 10 15

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zu jedem Zeitpunkt der Migration eines Abschnitts der Streckenkorridor von den Fahrzeugen befahrbar ist. 20

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Streckenkorridor eine Gleisstrecke und die Fahrzeuge Schienenfahrzeuge sind und ein technisches Ausrüstungssystem ein Teil einer Eisenbahnleit- und -sicherungstechnik darstellt. 25

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** Festlegen der Reihenfolge der sequentiellen Migration der Abschnitte mittels Zuweisen von Prioritäten zu den einzelnen Abschnitten. 30

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** Hinterlegen der Vielzahl von Migrationsszenarien als gerichteter Graph, wobei jeder Knoten des Graphen einen technischen Ausrüstungs-Endzustand des Streckenkorridors und jede Kante von einem Knoten zu einem nächsten Knoten die Migration eines Abschnitts darstellt. 35 40

8. Verfahren nach Anspruch 7, **gekennzeichnet durch** ein Petri-Netz als gerichteter Graph. 45

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder Endknoten des Graphen als Endpunkt eines Migrationsszenarios einen technischen Ausrüstungs-Endzustand des Streckenkorridors darstellt, bei dem jeder Abschnitt den technischen Ausrüstungs-Endzustand aufweist. 50

10. Verfahren nach Anspruch 9, **gekennzeichnet durch** Ermitteln solcher Endknoten, bei denen mindestens ein Abschnitt des Streckenkorridors neben den zu installierenden Ausrüstungssystemen noch weitere Ausrüstungssysteme aufweist, die von keinem Fahrzeug benötigt werden, und Entfernen aller Migrationsszenarien, die die ermittelten Endknoten 55

aufweisen.

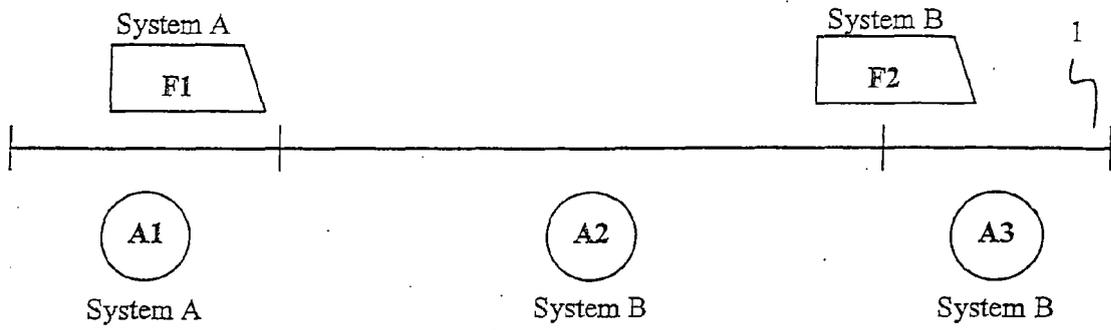
11. Verfahren nach Anspruch 10, **gekennzeichnet durch** Entfernen des Migrationpfades **durch** rekursives Entfernen der jeweiligen Knoten aus dem Graphen, beginnend mit dem Endknoten, die ausschließlich zu dem zu löschenden Endknoten führen. 5
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** Migration eines Abschnittes in Abhängigkeit einer Randbedingung, insbesondere fahrzeugseitige Doppelausrüstung, streckenseitige Doppelausrüstung oder fahrzeug- und streckenseitige Doppelausrüstung. 10
15
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** Ermitteln der optimalen Migration aus der Vielzahl der Migrationsszenarien in Abhängigkeit von ökonomischen Aspekten, insbesondere der Wirtschaftlichkeit der Migration, und/oder zeitlichen Aspekten, insbesondere der Dauer der Migration. 20
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** Unterteilen des Streckenkorridors in Abschnitte in Abhängigkeit von topologischen Gegebenheiten, insbesondere in Abhängigkeit von Ländergrenzen. 25
30
15. Computerprogrammprodukt mit Programmcodemitteln zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wenn das Computerprogrammprodukt in einen Rechner geladen und ausgeführt wird. 35

40

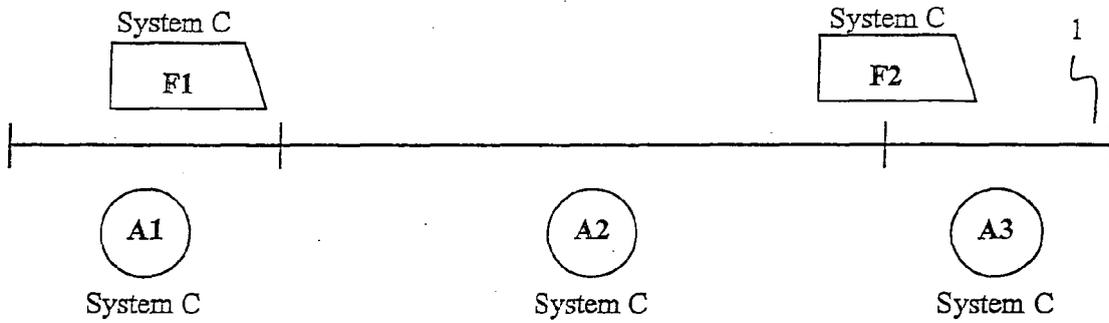
45

50

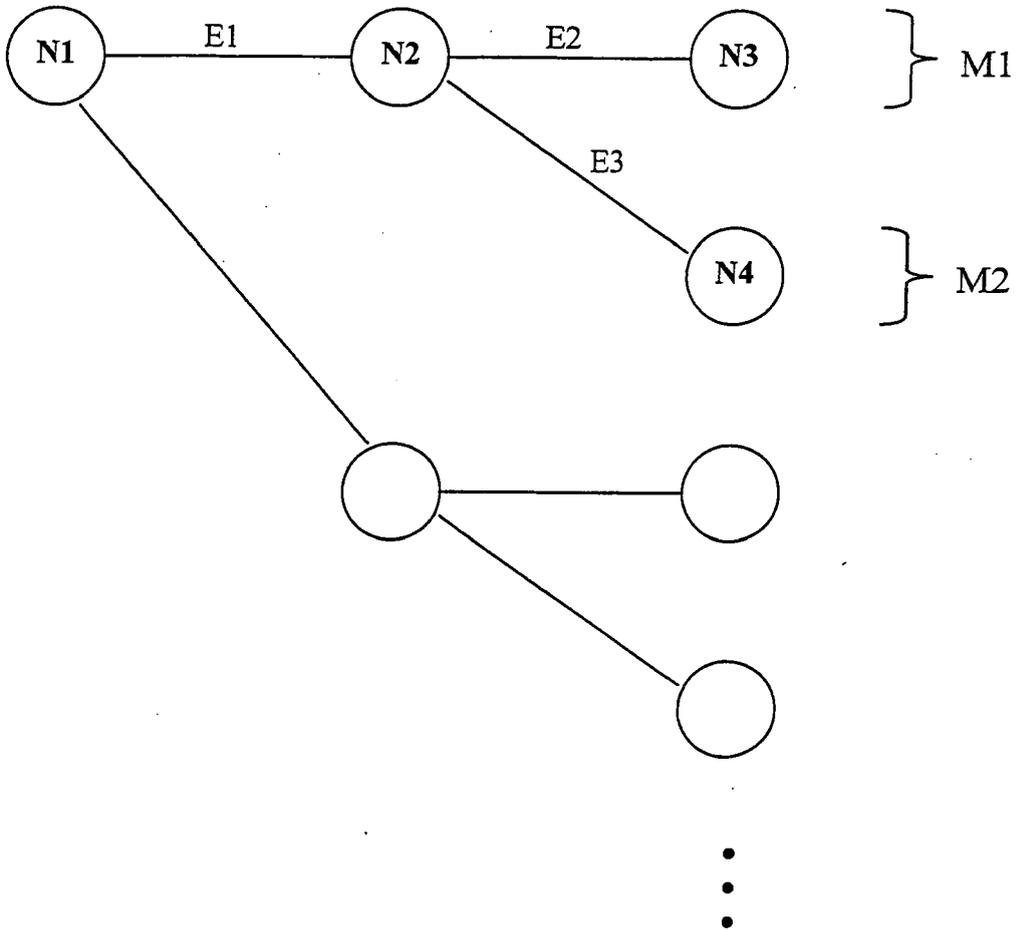
55



Figur 1a



Figur 1b



Figur 2



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 09 01 4337

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	MINDEL K: "MIGRATION VON DER LZB ZU ETCS IN DEUTSCHLAND" SIGNAL + DRAHT, TELZLAFF VERLAG GMBH. DARMSTADT, DE, Bd. 93, Nr. 9, 1. September 2001 (2001-09-01), Seiten 6-09, XP001093396 ISSN: 0037-4997 * das ganze Dokument * -----	1-15	INV. B61L27/00
X	MINDEL K: "MIGRATING FROM LZB TO ETCS : Alcatel and Deutsche Bahn are cooperating closely in the development and introduction of ETCS with the aim of making cross-border traffic more economic. Together they have demonstrated a technically feasible migration path from the current system" ALCATEL TELECOMMUNICATIONS REVIEW, COMPAGNIE FINANCIÈRE ALCATEL, 54 RUE DE LA BOËTIE 75008 PARIS, 1. April 2004 (2004-04-01), XP007010133 ISSN: 1267-7167 * das ganze Dokument * -----	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) B61L
X	DACHWALD R: "SYSTEMVERSIONS-MANAGEMENT BEI ETCS" SIGNAL + DRAHT, TELZLAFF VERLAG GMBH. DARMSTADT, DE, Bd. 99, Nr. 11, 1. November 2007 (2007-11-01), Seiten 6-08,10, XP001507234 ISSN: 0037-4997 * das ganze Dokument * ----- -/--	1-15	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 27. Januar 2010	Prüfer Janhsen, Axel
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

 2
 EPO FORM 1503 03.82 (P/AC03)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 09 01 4337

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	<p>PORE J: "MIGRATION TO ERTMS ON EXISTING LINES" PROCEEDINGS - INSTITUTION OF RAILWAY SIGNAL ENGINEERS, INSTITUTION OF RAILWAY SIGNAL ENGINEERS, GB, 12. Februar 2003 (2003-02-12), Seiten 1-08, XP001246785 ISSN: 0073-9839 * das ganze Dokument *</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-15	
X	<p>ZUEND A ET AL: "DIE NETZWEITE UMSETZUNG VON ETCS IN DER SCHWEIZ" SIGNAL + DRAHT, TELZLAFF VERLAG GMBH. DARMSTADT, DE, 1. Juli 2006 (2006-07-01), Seiten 6-09, XP001244501 ISSN: 0037-4997 * das ganze Dokument *</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-15	
X	<p>KLOMP J ET AL: "IMPLEMENTING ERTMS ON THE BETUWERROUTE" SIGNAL + DRAHT, TELZLAFF VERLAG GMBH. DARMSTADT, DE, Bd. 99, 1. Mai 2007 (2007-05-01), Seiten 36-41, XP001540210 ISSN: 0037-4997 * das ganze Dokument *</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-15	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTER SACHGEBIETE (IPC)
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 27. Januar 2010	Prüfer Janhsen, Axel
<p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</p> <p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur</p>		<p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument</p> <p>..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>	

2
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)