

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
04. Oktober 2018 (04.10.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/177537 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H04L 12/707 (2013.01) H04L 29/08 (2006.01)

heim-Eutingen (DE). RIEDL, Johannes; Bajuwarenstr. 17, 84030 Ergolding (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/057709

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(22) Internationales Anmeldedatum:
31. März 2017 (31.03.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Werner-von-Siemens-Straße 1, 80333 München (DE).

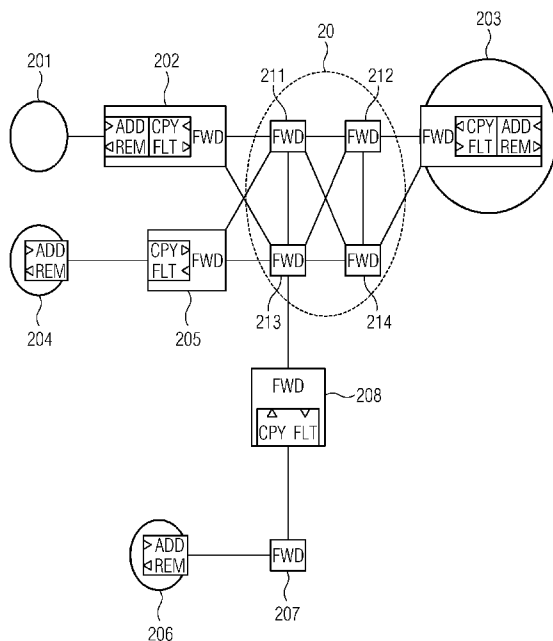
(72) Erfinder: KNAB, Benjamin; Birkenstr. 47, 76307 Karlsbad (DE). MALSCH, Christian; Haydnstr. 5, 75181 Pforz-

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,

(54) Title: METHOD FOR OPERATING AN INDUSTRIAL AUTOMATION SYSTEM COMMUNICATION NETWORK COMPRISING A PLURALITY OF COMMUNICATION DEVICES, AND CONTROL UNIT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BETRIEB EINES MEHRERE KOMMUNIKATIONSGERÄTE UMFASSENDEN KOMMUNIKATIONSNETZES FÜR EIN INDUSTRIELLES AUTOMATISIERUNGSSYSTEM UND STEUERUNGSEINHEIT

FIG 2



(57) Abstract: In order to operate an industrial automation system communication network comprising a plurality of communication devices, at least one control unit controls functions of a plurality of associated communication devices. A specifiable proportion of system resources of the associated communication devices is made available to the control unit for a specifiable resource use duration. In order to provide a redundancy service, the control unit determines at least two disjoint paths between a first associated communication device and a second communication device via third associated communication devices. Data flows between the first and the second associated communication devices that are intended for use of the redundancy service are explicitly assigned to the determined disjoint paths or to the redundancy service. The redundancy service is provided only for the explicitly assigned data flows.

(57) Zusammenfassung: Verfahren zum Betrieb eines mehrere Kommunikationsgeräte umfassenden Kommunikationsnetzes für ein industrielles Automatisierungssystem und Steuerungseinheit Zum Betrieb eines mehrere Kommunikationsgeräte umfassenden Kommunikationsnetzes für ein industrielles Automatisierungssystem steuert zumindest eine Steuerungseinheit Funktionen mehrerer zugeordneter Kommunikationsgeräte. Für die Steuerungseinheit wird ein vorgegebbarer Anteil an Systemressourcen der zugeordneten Kommunikationsgeräte für eine vorgebbare Ressourcennutzungsdauer verfügbar gemacht. Die Steuerungseinheit ermittelt zur Bereitstellung eines Redundanzdienstes zumindest 2 disjunkte Pfade zwischen einem ersten zugeordneten Kommunikationsgerät und einem zweiten zugeordneten Kommunikationsgerät über dritte zugeordnete Kommunikationsgeräte. Für eine Nutzung des

WO 2018/177537 A1

SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Beschreibung

Verfahren zum Betrieb eines mehrere Kommunikationsgeräte umfassenden Kommunikationsnetzes für ein industrielles
5 Automatisierungssystem und Steuerungseinheit

Industrielle Automatisierungssysteme dienen zur Überwachung, Steuerung und Regelung von technischen Prozessen, insbesondere im Bereich Fertigungs-, Prozess- und Gebäudeautomatisierung, und ermöglichen einen Betrieb von Steuerungseinrichtungen, Sensoren, Maschinen und industriellen Anlagen, der möglichst selbständig und unabhängig von menschlichen Eingriffen erfolgen soll. Aufgrund einer ständig steigenden Bedeutung von Informationstechnik für Automatisierungssysteme, die
10 zahlreiche vernetzte Steuerungs- bzw. Rechereinheiten umfassen, gewinnen Verfahren zur zuverlässigen Bereitstellung von über ein Automatisierungssystem verteilten Funktionen für eine Bereitstellung von Überwachungs-, Steuerungs- und Regelungsfunktionen verstärkt an Bedeutung. Eine besondere Problematik resultiert in industriellen Automatisierungssystemen
20 regelmäßig aus einem Meldungsverkehr mit verhältnismäßig vielen, aber relativ kurzen Nachrichten, wodurch obige Probleme verstärkt werden.

Software Defined Networking zielt auf eine Virtualisierung von Kommunikationsnetzfunktionen ab, indem Kommunikationsgeräte wie Router oder Switche funktionell in Control Plane und Data Plane zugeordnete Komponenten unterteilt werden. Die Data Plane umfasst Funktionen bzw. Komponenten zur Weiterleitung von Datenpaketen bzw. -rahmen. Die Control Plane umfasst
30 hingegen Management-Funktionen zur Steuerung der Weiterleitung bzw. der Komponenten der Data Plane. Mit OpenFlow ist beispielsweise ein Standard für Software-implementierte Control Planes definiert. Eine Abstraktion von Hardware als vir-

tuelle Services ermöglicht einen Verzicht auf eine manuelle Konfiguration der Hardware, insbesondere indem eine programmierbare, zentrale Steuerung von Netzverkehr geschaffen wird. OpenFlow unterstützt eine Partitionierung von System-
5 Ressourcen in Network Slices, durch die unabhängig von anderen bestehenden Network Slices eine Bereitstellung definierter System-Ressourcen gewährleistet wird.

US 2013/268686 A1 betrifft ein Verfahren zum Senden einer Anforderung eines Verbindungsaufbaus, bei dem ein OpenFlow-Switch eine Nachricht mit einer Parameteranforderung an einen Konfigurationsserver sendet, um Verbindungsparameter von einem OpenFlow-Controller zu erhalten. Auf die Nachricht mit der Parameteranforderung empfängt der OpenFlow-Switch eine
15 IP-Adresse und einen Satz von OpenFlow-Verbindungsparametern vom Konfigurationsserver, wobei der Satz von OpenFlow-Verbindungsparametern zumindest Verbindungsparameter eines ersten OpenFlow-Controllers umfasst. Der OpenFlow-Switch sendet entsprechend der IP-Adresse und dem Satz von OpenFlow-
20 Verbindungsparametern des ersten OpenFlow-Controllers eine Nachricht mit einer Anforderung eines Verbindungsaufbaus an den ersten OpenFlow-Controller. Auf diese Weise kann ein automatischer Verbindungsaufbau zwischen einem OpenFlow-Switch und einem OpenFlow-Controller realisiert werden.

25

Aus EP 2 795 842 B1 ist eine Steuerungseinheit zur Bereitstellung von Kommunikationsdiensten innerhalb eines physikalischen Kommunikationsnetzes bekannt. Diese Kommunikationsdienste werden durch mehrere auf Kommunikationsgeräten ablaufende Anwendungen genutzt, für die jeweils Anforderungen an
30 die Kommunikationsdienste spezifiziert sind. Durch die Steuerungseinheit wird ein Kommunikationsnetzmodell erzeugt, das eine Topologie des physikalischen Kommunikationsnetzes wiedergibt und für jedes Kommunikationsgerät ein Netzknotenmo-

dell umfasst. Das Netzknotenmodell beschreibt Funktionen und Ressourcen des jeweiligen Kommunikationsgeräts. Außerdem berechnet die Steuerungseinheit für jede auf den Kommunikationsgeräten ablaufende Anwendung ein virtuelles Kommunikationsnetz, indem die Anforderungen der jeweiligen Anwendung an die Kommunikationsdienste auf das Kommunikationsnetzmodell abgebildet werden. Die berechneten virtuellen Kommunikationsnetze umfassen jeweils zumindest 2 durch ein Netzknotenmodell beschriebene Netzknoten und eine Partition bzw. Network Slice ausgewählter Kommunikationsnetzressourcen, die durch die Kommunikationsgeräte bereitgestellt werden.

Um Ausfälle von Kommunikationsverbindungen oder -geräten kompensieren zu können, sind Kommunikationsprotokolle, wie Media Redundancy Protocol, High-availability Seamless Redundancy oder Parallel Redundancy Protocol, für hochverfügbare, redundant betreibbare in industriellen Kommunikationsnetze entwickelt worden. Media Redundancy Protocol (MRP) ist im Standard IEC 62439 definiert und ermöglicht eine Kompensation einzelner Verbindungsausfälle in Netzen mit einfacher Ringtopologie bei stoßbehafteter redundanter Übertragung von Nachrichten.

Stoßbehaftete Medienredundanzverfahren lassen sich grundsätzlich mit relativ geringem Aufwand realisieren. Nachteilig ist jedoch, dass einerseits Nachrichten im Fehlerfall verloren gehen können und andererseits während einer Rekonfiguration eines Kommunikationsnetzes zunächst ein Störungszustand vorliegt. Ein derartiger Störungszustand muss durch ein überlagertes Kommunikationsprotokoll, beispielsweise mittels TCP/IP auf Vermittlungs- bzw. Transportschichtebene, gesichert werden, um eine Unterbrechung einer Kommunikationsverbindung zu vermeiden.

High-availability Seamless Redundancy (HSR) und Parallel Redundancy Protocol (PRP) sind im Standard IEC 62439-3 definiert und ermöglichen eine stoßfreie redundante Übertragung von Nachrichten. Entsprechend High-availability Seamless Redundancy und Parallel Redundancy Protocol wird jede Nachricht von einem sendenden Kommunikationsgerät dupliziert und auf zwei verschiedenen Wegen zu einem Empfänger geschickt. Durch ein empfängerseitiges Kommunikationsgerät werden Duplikate darstellende redundante Nachrichten aus einem empfangenen Datenstrom ausgefiltert.

In einem redundanten HSR- oder PRP-Kommunikationsnetz kann eine Netzkomponente, die einen Zugriff auf das redundante Kommunikationsnetz bereitstellt, unterschiedliche Rollen annehmen. Eine solche Netzkomponente, die Telegramme zwischen Teilnehmern oder Endgeräten in einem HSR- oder PRP-Kommunikationsnetz einerseits und Endgeräten bzw. Netzsegmenten ohne HSR/PRP-Funktionalität andererseits vermittelt, wird als HSR/PRP-Proxy oder RedBox bezeichnet. Grundsätzlich kann eine Netzkomponente für einen Zugriff auf ein redundantes HSR- oder PRP-Kommunikationsnetz mehrere HSR-Ringe verbinden oder Kommunikation zwischen HSR- und PRP-Netzsegmenten umsetzen. In diesem Fall wird die Netzkomponente als HSR-HSR-Koppler oder QuadBox bzw. HSR-PRP-Koppler bezeichnet.

EP 2 127 329 B1 betrifft ein Verfahren zur Filterung redundanter Frames, die zumindest eine MAC-Quelladresse, eine Frame-ID sowie einen CRC-Wert aufweisen, durch einen Netzwerkknoten mit zumindest zwei Ports mit jeweils einer Sendeeinrichtung und einer Empfangseinrichtung. Dabei weist die Sendeeinrichtung eine Sendeliste auf, in der zu sendende Frames gespeichert werden. Die Empfangseinrichtung weist einen Empfangsspeicher zum Speichern eines empfangenen Frames auf. Um redundante Frames in einem Netzwerkknoten eines Netzwerkes zu filtern,

wird in der Sendeliste des Netzwerkknotens nach Empfang eines ersten Frames an einem der zwei Ports nach einem zweiten Frame mit derselben MAC-Quelladresse und Frame-ID gesucht. Bei Vorhandensein des zweiten Frames wird der erste Frame weder
5 an eine lokale Applikation noch zum Senden an andere Ports des Knotens weitergeleitet.

In EP 2 838 220 A1 ist ein Verfahren zur redundanten Nachrichtenübermittlung in einem industriellen Kommunikationsnetz mit einer beliebig vermaschten Netztopologie beschrieben, bei dem für eine zumindest abschnittsweise redundante Kommunikationsverbindung zwischen zwei Netzknoten innerhalb des industriellen Kommunikationsnetzes voneinander unabhängige Pfade ermittelt werden. Dabei umfassen die voneinander unabhängigen Pfade separate Netzknoten eines einzelnen Kommunikationsnetzes. Nachrichten mit Duplikateidentifikatoren werden entsprechend zu den ermittelten Pfaden korrespondierenden Weiterleitungsregeln zwischen Sende- und Empfangseinheiten von Kommunikationsgeräten des industriellen Kommunikationsnetzes ausgetauscht.
10
15
20

HSR- oder PRP-Kommunikationsnetze können bisher nicht automatisiert eingerichtet werden, insbesondere wenn mehrere kombinierte HSR-Ringe oder PRP-Domänen verwendet werden, da eine
25 Einrichtung von Redundanzfunktionen gerätebasiert erfolgt. Mangels einer zentralen Datenbasis, muss jeder Switch separat konfiguriert werden, so dass es mitunter zu inkonsistenten Konfigurationen kommen kann. Darüber hinaus ist in PRP-Kommunikationsnetzen bisher keine Latenz-Optimierung möglich, da
30 entsprechend PRP kein Einfluss auf zur Nachrichten-Weiterleitung verwendete Pfade genommen werden kann. Darüber hinaus können Datenflüsse in HSR- oder PRP-Kommunikationsnetzen nicht selektiv dupliziert werden. Vielmehr ist sämtlicher Datenverkehr redundant.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betrieb eines mehrere Kommunikationsgeräte umfassenden Kommunikationsnetzes für ein industrielles Automatisierungssystem anzugeben, das eine selektive Bereitstellung von Redundanz in einem beliebig vermaschten Kommunikationsnetz ermöglicht, sowie eine Steuerungseinheit zur Durchführung des Verfahrens zu schaffen.

10 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den in Anspruch 1 genannten Merkmalen und durch eine Steuerungseinheit mit den in Anspruch 16 angegebenen Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der vorliegenden Erfindung sind in den abhängigen Patentansprüchen angegeben.

15

Entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Betrieb eines mehrere Kommunikationsgeräte umfassenden Kommunikationsnetzes für ein industrielles Automatisierungssystem steuert zumindest eine Steuerungseinheit Funktionen mehrerer zugeordneter Kommunikationsgeräte. Dabei wird für die Steuerungseinheit ein vorgebbarer Anteil an Systemressourcen der zugeordneten Kommunikationsgeräte für eine vorgebbare Ressourcennutzungsdauer verfügbar gemacht. Anteile an Systemressourcen zugeordneter Kommunikationsgeräte können beispielsweise durch

20 Partitionierung und Zuordnung zumindest einer Partition für Steuerungseinheiten verfügbar gemacht werden. Partitionen können insbesondere Network Slices sein und mittels eines Engineering-Systems manuell durch einen Systemadministrator oder automatisiert festgelegt werden. Darüber hinaus gibt die

25 Steuerungseinheit Routing-Regeln bzw. Forwarding-Regeln für die zugeordneten Kommunikationsgeräte vor.

30

Erfindungsgemäß ermittelt die Steuerungseinheit zur Bereitstellung eines Redundanzdienstes zumindest 2 disjunkte Pfade

zwischen einem ersten zugeordneten Kommunikationsgerät und einem zweiten zugeordneten Kommunikationsgerät über dritte zugeordnete Kommunikationsgeräte. Eine Ermittlung disjunkter Pfade kann beispielsweise auf Grundlage des Dijkstra-Algorithmus, des Bellman-Ford-Algorithmus oder des Algorithmus von Floyd und Warshall erfolgen. Insbesondere können disjunkte Pfade mittels sukzessiver Anwendung von Dijkstra-Algorithmen mit Rand- bzw. Zwangsbedingungen (constrained Dijkstra's algorithm) ermittelt werden. Darüber hinaus passt die Steuerungseinheit die Routing-Regeln bzw. Forwarding-Regeln für das erste und zweite zugeordnete Kommunikationsgerät und für die dritten zugeordneten Kommunikationsgeräte entsprechend den ermittelten disjunkten Pfaden. Für eine Nutzung des Redundanzdienstes vorgesehene Datenflüsse zwischen dem ersten und dem zweiten zugeordneten Kommunikationsgerät werden den ermittelten disjunkten Pfaden bzw. dem Redundanzdienst explizit zugeordnet. Der Redundanzdienst wird nur für die explizit zugeordneten Datenflüsse bereitgestellt. Die für die Nutzung des Redundanzdienstes vorgesehenen Datenflüsse können beispielsweise anhand einer Kennung eines virtuellen lokalen Netzes bzw. anhand von Quell- und Ziel-Kommunikationsnetz-adressen den ermittelten disjunkten Pfaden bzw. dem Redundanzdienst explizit zugeordnet werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren bietet aufgrund eines sehr hohen Automatisierungsgrades eine erhebliche Zeit- und Kostenersparnis bei einer Bereitstellung von Redundanzdiensten in einem industriellen Kommunikationsnetz. Darüber hinaus kann die zumindest eine Steuerungseinheit effizient überprüfen und sicherstellen, dass die Pfade, die zueinander redundant sein sollen, auch tatsächlich disjunkt sind. Außerdem kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren im gesamten Einflussbereich des Redundanzdienstes eine stoßfreie redundante Übertragung von

Nachrichten realisiert werden und nicht nur innerhalb einer Ethernet-Domäne.

Entsprechend einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungs-
5 gemäßen Verfahrens sind die Kommunikationsgeräte einem Software Defined Network zugeordnet, das eine als Control Plane bezeichnete Kommunikationssteuerungsebene und eine als Data Plane bezeichnete Datenübermittlungsebene umfasst. Dabei ist die Steuerungseinheit der Control Plane zugeordnet, während
10 die Kommunikationsgeräte der Data Plane zugeordnet sind. Darüber hinaus können die Kommunikationsgeräte insbesondere Router bzw. Switches umfassen. In diesem Fall werden durch die Steuerungseinheit Flow-Tabellen vorgegeben, aus denen die Routing-Regeln bzw. Forwarding-Regeln für die der Steuerungseinheit zugeordneten Kommunikationsgeräte abgeleitet werden.
15

Vorteilhafterweise werden durch den Redundanzdienst im ersten und zweiten zugeordneten Kommunikationsgerät Redundanzfunktionen bereitgestellt werden, wobei durch die Redundanzfunktionen im ersten und zweiten zugeordneten Kommunikationsgerät
20 jeweils eine Signalverarbeitungseinheit gebildet wird. Durch die jeweilige Signalverarbeitungseinheit werden redundant zu sendende Datagramme dupliziert von Sende- und Empfangseinheiten des ersten oder zweiten zugeordneten Kommunikationsgeräts
25 gesendet und von den Sende- und Empfangseinheiten am ersten oder zweiten zugeordneten Kommunikationsgerät redundant empfangene Datagramme detektiert. Zueinander redundante Datagramme werden durch einen gemeinsamen Duplikateidentifikator gekennzeichnet. Darüber hinaus können beispielsweise in einer
30 der jeweiligen Signalverarbeitungseinheit zugeordneten Speichereinheit Duplikateidentifikatoren von bereits fehlerfrei empfangenen Datagrammen gespeichert werden. In diesem Fall überprüft die jeweilige Signalverarbeitungseinheit bei Empfang eines neuen Datagramms dessen Duplikateidentifikator auf

Übereinstimmung mit einem bereits gespeicherten Duplikate-
identifikator und verwirft Duplikate bereits fehlerfrei emp-
fangener Datagramme. Vorteilhafterweise werden Datagramme mit
Duplikateidentifikatoren entsprechend zu den ermittelten dis-
5 junkten Pfaden korrespondierenden Weiterleitungsregeln durch
die dritten zugeordneten Kommunikationsgeräte weitergeleitet.
Vorzugsweise wird durch eine Bereitstellung von Software-im-
plementierten Redundanzfunktionen im ersten und zweiten zu-
geordneten Kommunikationsgerät jeweils eine HSR/PRP-Redbox
10 oder -Quadbox gebildet.

Entsprechend einer weiteren Ausgestaltung der vorliegenden
Erfindung wird die Bereitstellung des Redundanzdienstes durch
einen Tenant, einen Benutzer bzw. eine Anwendung mittels ei-
15 ner an die Steuerungseinheit gerichteten Dienstanforderung
angefordert. Die Steuerungseinheit überprüft auf die Dienst-
anforderung, ob für die Bereitstellung des angeforderten Re-
dundanzdienstes ausreichende Systemressourcen zur Verfügung
stehen. Systemressourcen sind beispielsweise Leitungskapazi-
20 täten, Port-Bandbreite, Queue-Buffer, VLAN-Identifikatoren,
Routing-Tabellen- bzw. Forwarding-Tabellen-Einträge. Nur bei
einem positivem Überprüfungsergebnis passt die Steuerungsein-
heit die Routing-Regeln bzw. Forwarding-Regeln für das erste
und zweite zugeordnete Kommunikationsgerät und für die drit-
25 ten zugeordneten Kommunikationsgeräte entsprechend den ermit-
telten disjunkten Pfaden an und übermittelt eine Bestätigung
über die Bereitstellung des Redundanzdienstes an den Tenant,
den Benutzer bzw. die Anwendung. Vorteilhafterweise revidiert
die Steuerungseinheit bei Beendigung der Bereitstellung des
30 Redundanzdienstes zuvor für die Bereitstellung des Redundanz-
dienstes in den Routing-Regeln bzw. Forwarding-Regeln vorge-
nommene Änderungen.

Die dritten zugeordneten Kommunikationsgeräte werden bei Bereitstellung des Redundanzdienstes vorzugsweise jeweils durch zumindest ein benachbartes Kommunikationsgerät überwacht. Bei Ausfall oder Störung eines dritten zugeordneten Kommunikationsgeräts oder einer Verbindung wird die Steuerungseinheit
5 durch ein überwachendes benachbartes Kommunikationsgerät mittels einer Ausfallmeldung benachrichtigt. Die Steuerungseinheit führt bei Empfang einer Ausfallmeldung eine erneute Ermittlung disjunkte Pfade zwischen dem ersten zugeordneten
10 Kommunikationsgerät und dem zweiten zugeordneten Kommunikationsgerät durch und passt die Routing-Regeln bzw. Forwarding-Regeln entsprechend an.

Die erfindungsgemäße Steuerungseinheit ist zur Durchführung
15 eines Verfahrens entsprechend vorangehenden Ausführungen vorgesehen und dafür ausgestaltet sowie eingerichtet, Funktionen mehrerer zugeordneter Kommunikationsgeräte zu steuern. Dabei ist für die Steuerungseinheit ein vorgebbarer Anteil an Systemressourcen der zugeordneten Kommunikationsgeräte für eine
20 vorgebbare Ressourcennutzungsdauer verfügbar. Außerdem ist die Steuerungseinheit dafür ausgestaltet und eingerichtet, Routing-Regeln bzw. Forwarding-Regeln für die zugeordneten Kommunikationsgeräte vorzugeben und zur Bereitstellung eines Redundanzdienstes zumindest 2 disjunkte Pfade zwischen einem
25 ersten zugeordneten Kommunikationsgerät und einem zweiten zugeordneten Kommunikationsgerät über dritte zugeordnete Kommunikationsgeräte zu ermitteln. Die Steuerungseinheit ermittelt die disjunkten Pfade vorzugsweise anhand von Pfadkosten. Des weiteren ist die Steuerungseinheit dafür ausgestaltet und
30 eingrichtet, die Routing-Regeln bzw. Forwarding-Regeln für das erste und zweite zugeordnete Kommunikationsgerät und für die dritten zugeordneten Kommunikationsgeräte entsprechend den ermittelten disjunkten Pfaden anzupassen. Darüber hinaus ist die Steuerungseinheit dafür ausgestaltet und eingerich-

tet, für eine Nutzung des Redundanzdienstes vorgesehene Datenflüsse zwischen dem ersten und dem zweiten zugeordneten Kommunikationsgerät den ermittelten disjunkten Pfaden bzw. dem Redundanzdienst explizit zuzuordnen und den Redundanzdienst nur für die explizit zugeordneten Datenflüsse bereitzustellen.

Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend an einem Ausführungsbeispiel anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigt

Figur 1 ein mehrere Kommunikationsgeräte und diesen zugeordnete Steuerungseinheiten umfassendes Kommunikationsnetz eines industriellen Automatisierungssystems,

Figur 2 eine schematische Darstellung für eine Bereitstellung eines Redundanzdienstes innerhalb des in Figur 1 dargestellten Kommunikationsnetzes.

Das in Figur 1 dargestellte Kommunikationsnetz eines industriellen Automatisierungssystems umfasst mehrere Kommunikationsgeräte 200 und mehrere Steuerungseinheiten 101, 102. Die Kommunikationsgeräte 200 können beispielsweise Switches, Router oder Firewalls sein und zum Anschluss von speicherprogrammierbaren Steuerungen 300 oder Ein-/Ausgabeeinheiten des industriellen Automatisierungssystems dienen. Speicherprogrammierbare Steuerungen 300 umfassen typischerweise jeweils ein Kommunikationsmodul, eine Zentraleinheit sowie zumindest eine Eingabe/Ausgabe-Einheit (I/O-Modul) und stellen somit ebenfalls Kommunikationsgeräte dar. Eingabe/Ausgabe-Einheiten können grundsätzlich auch als dezentrale Peripheriemodule ausgestaltet sein, die entfernt von einer speicherprogrammierbaren Steuerung angeordnet sind.

Über das Kommunikationsmodul ist eine speicherprogrammierbare Steuerung 300 beispielsweise mit einem Switch oder Router oder zusätzlich mit einem Feldbus verbunden. Die Eingabe/Ausgabe-Einheit dient einem Austausch von Steuerungs- und Messgrößen zwischen der speicherprogrammierbaren Steuerung 300 und einer durch die speicherprogrammierbare Steuerung 300 gesteuerten Maschine oder Vorrichtung 400. Die Zentraleinheit ist insbesondere für eine Ermittlung geeigneter Steuerungsgrößen aus erfassten Messgrößen vorgesehen. Obige Komponenten der speicherprogrammierbaren Steuerung 300 sind im vorliegenden Ausführungsbeispiel über ein Rückwandbus-System miteinander verbunden.

Die Kommunikationsgeräte 200 sind im vorliegenden Ausführungsbeispiel einem Software Defined Network (SDN) zugeordnet, das eine als Control Plane bezeichnete Kommunikationssteuerungsebene 1 und eine als Data Plane bezeichnete Datenübermittlungsebene 2 umfasst. Die Steuerungseinheiten 101, 102 als SDN-Controller sind der Control Plane zugeordnet, während die Kommunikationsgeräte der Data Plane zugeordnet sind. Durch die Steuerungseinheiten 101, 102 werden beispielsweise Flow-Tabellen für Switches oder Router vorgegeben, aus denen Routing-Regeln bzw. Forwarding-Regeln für der jeweiligen Steuerungseinheit 101, 102 zugeordnete Kommunikationsgeräte 200 abgeleitet werden.

Die Steuerungseinheiten 101, 102 sind allgemein dafür ausgestaltet und eingerichtet, Funktionen mehrerer zugeordneter Kommunikationsgeräte 200 zu steuern. Für die Steuerungseinheiten 101, 102 wird jeweils ein vorgebbbarer Anteil an Systemressourcen der zugeordneten Kommunikationsgeräte für eine vorgebbare Ressourcennutzungsdauer verfügbar gemacht, insbesondere durch Partitionierung und Zuordnung von Partitionen zu den Steuerungseinheiten 101, 102. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel

rungsbeispiel sind die Partitionen Network Slices, die mittels eines Engineering-Systems manuell durch einen Systemadministrator oder automatisiert festgelegt werden. Für jede Steuerungseinheit 101, 102 ist jeweils eine separate Ressourcensicht 111, 121 mit den Anteilen an Systemressourcen vorge-
5 sehen.

Die Steuerungseinheiten 101, 102 geben Routing-Regeln bzw. Forwarding-Regeln für die zugeordneten Kommunikationsgeräte
10 200 vor. Zur Bereitstellung eines Redundanzdienstes ermittelt zumindest ein der beiden Steuerungseinheiten 101, 102 zumindest 2 disjunkte Pfade zwischen einem ersten zugeordneten Kommunikationsgerät und einem zweiten zugeordneten Kommunikationsgerät über dritte zugeordnete Kommunikationsgeräte. Da-
15 bei können die disjunkten Pfade beispielsweise anhand von Pfadkosten und mittels sukzessiver Anwendung von Dijkstra- Algorithmen mit Rand- bzw. Zwangsbedingungen (constrained Dijkstra's algorithm) ermittelt werden. Entsprechend den ermittelten disjunkten Pfaden passt die Steuerungseinheit die
20 Routing-Regeln bzw. Forwarding-Regeln für das erste und zweite zugeordnete Kommunikationsgerät und für die dritten zugeordneten Kommunikationsgeräte an. Für eine Nutzung des Redundanzdienstes vorgesehene Datenflüsse zwischen dem ersten und dem zweiten zugeordneten Kommunikationsgerät werden den
25 ermittelten disjunkten Pfaden bzw. dem Redundanzdienst den ermittelten disjunkten Pfaden bzw. dem Redundanzdienst explizit zugeordnet. Die für die Nutzung des Redundanzdienstes vorgesehenen Datenflüsse werden beispielsweise anhand einer Kennung eines virtuellen lokalen Netzes (VLAN) bzw. anhand
30 von Quell- und Ziel-Kommunikationsnetzadressen explizit zugeordnet. Der Redundanzdienst wird nur für die explizit zugeordneten Datenflüsse bereitgestellt.

In Figur 2 ist beispielhaft ein einfaches vermaschtes Kommunikationsnetz mit mehreren Kommunikationsgeräten 201-208, 211-214 dargestellt, das in einem Bereich 20 stark miteinander vermaschter Kommunikationsgeräte 211-214 redundante Pfade aufweist. Die Kommunikationsgeräte 201-208, 211-214 sind der Data Plane des in Figur 1 dargestellten Kommunikationsnetzes zugeordnet und realisieren in Abhängigkeit des bereitzustellenden Redundanzdienstes in unterschiedlichem Umfang folgende Basisfunktionen für eine stoßfreie redundante Übertragung von Frames (Datenrahmen) in beliebig vermaschten Kommunikationsnetzen:

- ADD (add) - Einfügen eines eindeutigen Duplikateidentifikators in redundant zu übermittelnde Frames,
- CPY (copy) - Replikation bzw. Kopieren von Frames mit Duplikateidentifikator an Verzweigungsstellen innerhalb Kommunikationsnetzes,
- FWD (forward) - Weiterleitung von Frames mit Duplikateidentifikator,
- FLT (filter) - Elimination bzw. Verwerfen unnötiger Kopien von Frames nach Detektion redundant empfangener Frames,
- REM (remove) - Entfernen eines Duplikateidentifikators aus redundant übermittelten Frames.

Diese Basisfunktion werden entsprechend vorangehenden Ausführungen durch zumindest eine der beiden in Figur 1 dargestellten Steuerungseinheiten 101, 102 gesteuert und in den Kommunikationsgeräten 201-208, 211-214 bereitgestellt, beispielsweise durch Laden einer entsprechenden Konfiguration, die ggf. erforderlichen Steuerungsprogramm-Code umfassen kann. Vorzugsweise wird die Konfiguration der Kommunikationsgeräte 201-208, 211-214 durch die Steuerungseinheiten 101, 102 bzw. durch den Redundanzdienst gespeichert. Im Fehlerfall oder

nach einem Gerätetausch kann auf diese Weise eine bereits zuvor für den Redundanzdienst erstellte Konfiguration einfach und schnell wiederhergestellt werden, insbesondere das ursprüngliche Kommunikationsgerät und das neue Kommunikationsgerät typidentisch bzw. zueinander kompatibel sind.

Die Kommunikationsgeräten 211-214 realisieren beispielsweise lediglich die Basisfunktion FWD und tauschen Frames mit Duplikateidentifikatoren entsprechend zu den ermittelten disjunkten Pfaden korrespondierenden Weiterleitungsregeln zwischen ihren Anschlüssen aus. Die Basisfunktion FWD kann auch durch Kommunikationsgeräte ohne Redundanzfunktionen realisiert werden.

Die Kommunikationsgeräte 201, 204 und 206 stellen einfach angebundene Endknoten dar. Dabei realisiert das Kommunikationsgerät 201 im vorliegenden Ausführungsbeispiel keinerlei Redundanzfunktionen, während die Kommunikationsgeräte 204 und 206 immerhin die Basisfunktionen ADD und REM realisieren. Demzufolge realisiert das als Verzweigungsstelle für das Kommunikationsgerät 201 dienende Kommunikationsgerät 202 sämtliche o.g. Basisfunktionen.

Die als Verzweigungsstellen für die Kommunikationsgeräte 204 und 206 dienenden Kommunikationsgeräte 205 und 208 müssen lediglich die Basisfunktionen CPY, FLT und FWD realisieren, da die beiden einfach angebundene Kommunikationsgeräte 204 und 206 bereits grundlegende Basisfunktionen realisieren. Im Unterschied zum Kommunikationsgerät 206, das indirekt über ein Kommunikationsgerät 207 mit Weiterleitungsfunktion (FWD) mit seiner zugeordneten Verzweigungsstelle verbunden ist, ist das Kommunikationsgerät 204 direkt mit seiner zugeordneten Verzweigungsstelle verbunden.

Das Kommunikationsgerät 203 stellt einen doppelt an das in Figur 2 dargestellte Kommunikationsnetz angebundene Endknoten dar, wie dies beispielsweise für hochverfügbare Steuerungen in industriellen Automatisierungssystemen typisch ist.

5 Aufgrund dessen realisiert es zur Durchführung des vorangehend beschriebenen Verfahrens zur redundanten Übertragung von Frames sämtliche o.g. Basisfunktionen.

Durch den Redundanzdienst werden im ersten und zweiten zugeordneten Kommunikationsgerät Redundanzfunktionen bereitgestellt, durch bei dem durch die Redundanzfunktionen im ersten und zweiten zugeordneten Kommunikationsgerät jeweils eine Software-implementierte Signalverarbeitungseinheit einer virtuellen HSR/PRP-Redbox oder -Quadbox gebildet wird. Durch die
10 jeweilige Signalverarbeitungseinheit werden redundant zu sendende Frames dupliziert von Sende- und Empfangseinheiten des ersten oder zweiten zugeordneten Kommunikationsgeräts gesendet und von den Sende- und Empfangseinheiten am ersten oder zweiten zugeordneten Kommunikationsgerät redundant empfangene
15 Frames detektiert. Zueinander redundante Frames werden dabei durch einen gemeinsamen Duplikateidentifikator gekennzeichnet. In einer der jeweiligen Signalverarbeitungseinheit zugeordneten Speichereinheit werden Duplikateidentifikatoren von bereits fehlerfrei empfangenen Frames gespeichert. Bei
20 Empfang eines neuen Frames wird dessen Duplikateidentifikator auf Übereinstimmung mit einem bereits gespeicherten Duplikateidentifikator überprüft. Duplikate bereits fehlerfrei empfangener Frames werden verworfen.

30 Die Bereitstellung des Redundanzdienstes wird im vorliegenden Ausführungsbeispiel durch einen Tenant, einen Benutzer bzw. eine Anwendung mittels einer an die jeweilige Steuerungseinheit 101, 102 gerichteten Dienstanforderung angefordert. Auf die Dienstanforderung überprüft die jeweilige Steuerungsein-

heit 101, 102, ob für die Bereitstellung des angeforderten Redundanzdienstes ausreichende Systemressourcen zur Verfügung stehen. Zu Systemressourcen zählen beispielsweise Leitungskapazitäten, Port-Bandbreite, Queue-Buffer, VLAN-Identifikatoren, Routing-Tabellen- bzw. Forwarding-Tabellen-Einträge.

Nur bei einem positivem Überprüfungsergebnis passen die Steuerungseinheiten 101, 102 die Routing-Regeln bzw. Forwarding-Regeln für das erste und zweite zugeordnete Kommunikationsgerät und für die dritten zugeordneten Kommunikationsgeräte entsprechend den ermittelten disjunkten Pfaden an. Dementsprechend wird eine Bestätigung über die Bereitstellung des Redundanzdienstes an den Tenant, den Benutzer bzw. die Anwendung übermittelt. Bei Beendigung der Bereitstellung des Redundanzdienstes revidieren die Steuerungseinheiten 101, 102 zuvor für die Bereitstellung des Redundanzdienstes in den Routing-Regeln bzw. Forwarding-Regeln vorgenommene Änderungen.

Optional oder bei mangelnder Verfügbarkeit ausreichender Systemressourcen kann der Redundanzdienst im Sinn eines „best effort“ eingeschränkt bereitgestellt werden, indem zwischen dem ersten zugeordneten Kommunikationsgerät und dem zweiten zugeordneten Kommunikationsgerät Teilstrecken identifiziert werden, für die redundante Teilpfade verfügbar sind. Somit kann die Bereitstellung des Redundanzdienstes bei knappen Systemressourcen dahingehend optimiert werden, dass Redundanzdienste für möglichst viele bzw. umfassende Teilstrecken verfügbar sind.

30

Entsprechend einer besonders bevorzugten Ausführungsform werden die dritten zugeordneten Kommunikationsgeräte bei Bereitstellung des Redundanzdienstes jeweils durch zumindest ein benachbartes Kommunikationsgerät überwacht. Die Steuerungs-

einheiten 101, 102 werden bei Ausfall oder Störung eines dritten zugeordneten Kommunikationsgeräts oder einer Verbindung durch ein überwachendes benachbartes Kommunikationsgerät mittels einer Ausfallmeldung benachrichtigt. Bei Empfang einer Ausfallmeldung führen die Steuerungseinheiten 101, 102 eine erneute Ermittlung disjunkte Pfade zwischen dem ersten zugeordneten Kommunikationsgerät und dem zweiten zugeordneten Kommunikationsgerät durch und passen die Routing-Regeln bzw. Forwarding-Regeln entsprechend an.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines mehrere Kommunikationsgeräte umfassenden Kommunikationsnetzes für ein industrielles Automatisierungssystem, bei dem
- 5 - zumindest eine Steuerungseinheit (101, 102) Funktionen mehrerer zugeordneter Kommunikationsgeräte (200) steuert, wobei für die Steuerungseinheit (101, 102) ein vorgegebbarer Anteil an Systemressourcen der zugeordneten
 - 10 Kommunikationsgeräte (200) für eine vorgebbare Ressourcennutzungsdauer verfügbar gemacht wird,
 - die Steuerungseinheit (101, 102) Routing-Regeln und/oder Forwarding-Regeln für die zugeordneten Kommunikationsgeräte (200) vorgibt,
 - 15 - die Steuerungseinheit (101, 102) zur Bereitstellung eines Redundanzdienstes zumindest 2 disjunkte Pfade zwischen einem ersten zugeordneten Kommunikationsgerät und einem zweiten zugeordneten Kommunikationsgerät über dritte zugeordnete Kommunikationsgeräte ermittelt,
 - 20 - die Steuerungseinheit (101, 102) die Routing-Regeln und/oder Forwarding-Regeln für das erste und zweite zugeordnete Kommunikationsgerät und für die dritten zugeordneten Kommunikationsgeräte entsprechend den ermittelten disjunkten Pfaden anpasst,
 - 25 - für eine Nutzung des Redundanzdienstes vorgesehene Datenflüsse zwischen dem ersten und dem zweiten zugeordneten Kommunikationsgerät den ermittelten disjunkten Pfaden und/oder dem Redundanzdienst explizit zugeordnet werden,
 - 30 - der Redundanzdienst nur für die explizit zugeordneten Datenflüsse bereitgestellt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
bei dem die Kommunikationsgeräte (200) einem Software Defined
Network zugeordnet sind, das eine als Control Plane bezeich-
nete Kommunikationssteuerungsebene (1) und eine als Data Pla-
5 ne bezeichnete Datenübermittlungsebene (2) umfasst, bei dem
die Steuerungseinheit (101, 102) der Control Plane zugeordnet
ist und bei dem die Kommunikationsgeräte (200) der Data Plane
zugeordnet sind.

10 3. Verfahren nach Anspruch 2,
bei dem die Kommunikationsgeräte (200) Router und/oder Swit-
ches umfassen und bei dem durch die Steuerungseinheit (101,
102) Flow-Tabellen vorgegeben werden, aus denen die Routing-
Regeln und/oder Forwarding-Regeln für die der Steuerungsein-
15 heit (101, 102) zugeordneten Kommunikationsgeräte (200) abge-
leitet werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
bei dem die für die Nutzung des Redundanzdienstes vorgesehe-
20 nen Datenflüsse anhand einer Kennung einen virtuellen lokalen
Netztes und/oder anhand von Quell- und Ziel-Kommunikations-
netzadressen den ermittelten disjunkten Pfaden und/oder dem
Redundanzdienst explizit zugeordnet werden.

25 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
bei dem durch den Redundanzdienst im ersten und zweiten zu-
geordneten Kommunikationsgerät Redundanzfunktionen bereitge-
stellt werden, bei dem durch die Redundanzfunktionen im ers-
ten und zweiten zugeordneten Kommunikationsgerät jeweils eine
30 Signalverarbeitungseinheit gebildet wird, bei dem durch die
jeweilige Signalverarbeitungseinheit redundant zu sendende
Datagramme dupliziert von Sende- und Empfangseinheiten des
ersten oder zweiten zugeordneten Kommunikationsgeräts gesen-
det und von den Sende- und Empfangseinheiten am ersten oder

zweiten zugeordneten Kommunikationsgerät redundant empfangene Datagramme detektiert werden und bei dem zueinander redundante Datagramme durch einen gemeinsamen Duplikateidentifikator gekennzeichnet werden.

5

6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem in einer der jeweiligen Signalverarbeitungseinheit zugeordneten Speichereinheit Duplikateidentifikatoren von bereits fehlerfrei empfangenen Datagrammen gespeichert werden und bei dem die jeweilige Signalverarbeitungseinheit bei Empfang eines neuen Datagramms dessen Duplikateidentifikator auf Übereinstimmung mit einem bereits gespeicherten Duplikateidentifikator überprüft und Duplikate bereits fehlerfrei empfangener Datagramme verwirft.

10
15

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 oder 6, bei dem Datagramme mit Duplikateidentifikatoren entsprechend zu den ermittelten disjunkten Pfaden korrespondierenden Weiterleitungsregeln durch die dritten zugeordneten Kommunikationsgeräte weitergeleitet werden.

20

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, bei dem durch eine Bereitstellung von Software-implementierten Redundanzfunktionen im ersten und zweiten zugeordneten Kommunikationsgerät jeweils eine HSR/PRP-Redbox oder -Quadbox gebildet wird.

25

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem die Bereitstellung des Redundanzdienstes durch einen Tenant, einen Benutzer und/oder eine Anwendung mittels einer an die Steuerungseinheit gerichteten Dienstanforderung angefordert wird, bei dem die Steuerungseinheit auf die Dienstanforderung überprüft, ob für die Bereitstellung des angeforderten Redundanzdienstes ausreichende Systemressourcen zur

30

Verfügung stehen, und bei dem die Steuerungseinheit nur bei einem positivem Überprüfungsergebnis die Routing-Regeln und/oder Forwarding-Regeln für das erste und zweite zugeordnete Kommunikationsgerät und für die dritten zugeordneten
5 Kommunikationsgeräte entsprechend den ermittelten disjunkten Pfaden anpasst und eine Bestätigung über die Bereitstellung des Redundanzdienstes an den Tenant, den Benutzer und/oder die Anwendung übermittelt.

10 10. Verfahren nach Anspruch 9,
bei dem die Steuerungseinheit bei Beendigung der Bereitstellung des Redundanzdienstes zuvor für die Bereitstellung des Redundanzdienstes in den Routing-Regeln und/oder Forwarding-Regeln vorgenommene Änderungen revidiert.

15 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 oder 10,
bei dem Leitungskapazitäten, Port-Bandbreite, Queue-Buffer, VLAN-Identifikatoren, Routing-Tabellen- und/oder Forwarding-Tabellen-Einträge Systemressourcen sind.

20 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
bei dem die dritten zugeordneten Kommunikationsgeräte bei Bereitstellung des Redundanzdienstes jeweils durch zumindest ein benachbartes Kommunikationsgerät überwacht werden, bei
25 dem die Steuerungseinheit bei Ausfall oder Störung eines dritten zugeordneten Kommunikationsgeräts oder einer Verbindung durch ein überwachendes benachbartes Kommunikationsgerät mittels einer Ausfallmeldung benachrichtigt wird und bei dem
30 die Steuerungseinheit bei Empfang einer Ausfallmeldung eine erneute Ermittlung disjunkte Pfade zwischen dem ersten zugeordneten Kommunikationsgerät und dem zweiten zugeordneten Kommunikationsgerät durchführt und die Routing-Regeln und/oder Forwarding-Regeln entsprechend anpasst.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
bei dem Anteile an Systemressourcen zugeordneter Kommunikati-
onsgeräte (200) durch Partitionierung und Zuordnung zumindest
einer Partition für Steuerungseinheiten (101, 102) verfügbar
5 gemacht werden.

14. Verfahren nach Anspruch 13,
bei dem Partitionen Network Slices sind und mittels eines En-
gineering-Systems manuell durch einen Systemadministrator
10 oder automatisiert festgelegt werden.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14,
bei dem die Steuerungseinheit (101, 102) die disjunkten Pfade
anhand von Pfadkosten ermittelt.

15

16. Steuerungseinheit zur Durchführung eines Verfahrens nach
einem der Ansprüche 1 bis 12, die dafür ausgestaltet und ein-
gerichtet ist,

- 20 - Funktionen mehrerer zugeordneter Kommunikationsgeräte
(200) zu steuern, wobei für die Steuerungseinheit (101,
102) ein vorgebbarer Anteil an Systemressourcen der zu-
geordneten Kommunikationsgeräte (200) für eine vorgeb-
bare Ressourcennutzungsdauer verfügbar ist,
- 25 - Routing-Regeln und/oder Forwarding-Regeln für die zu-
geordneten Kommunikationsgeräte (200) vorzugeben,
- zur Bereitstellung eines Redundanzdienstes zumindest 2
disjunkte Pfade zwischen einem ersten zugeordneten Kom-
munikationsgerät und einem zweiten zugeordneten Kommuni-
kationsgerät über dritte zugeordnete Kommunikationsgerä-
30 te zu ermitteln,
- die Routing-Regeln und/oder Forwarding-Regeln für das
erste und zweite zugeordnete Kommunikationsgerät und für

- die dritten zugeordneten Kommunikationsgeräte entsprechend den ermittelten disjunkten Pfaden anzupassen,
- für eine Nutzung des Redundanzdienstes vorgesehene Datenflüsse zwischen dem ersten und dem zweiten zugeordneten Kommunikationsgerät den ermittelten disjunkten Pfaden und/oder dem Redundanzdienst explizit zuzuordnen,
 - den Redundanzdienst nur für die explizit zugeordneten Datenflüsse bereitzustellen.

FIG 1

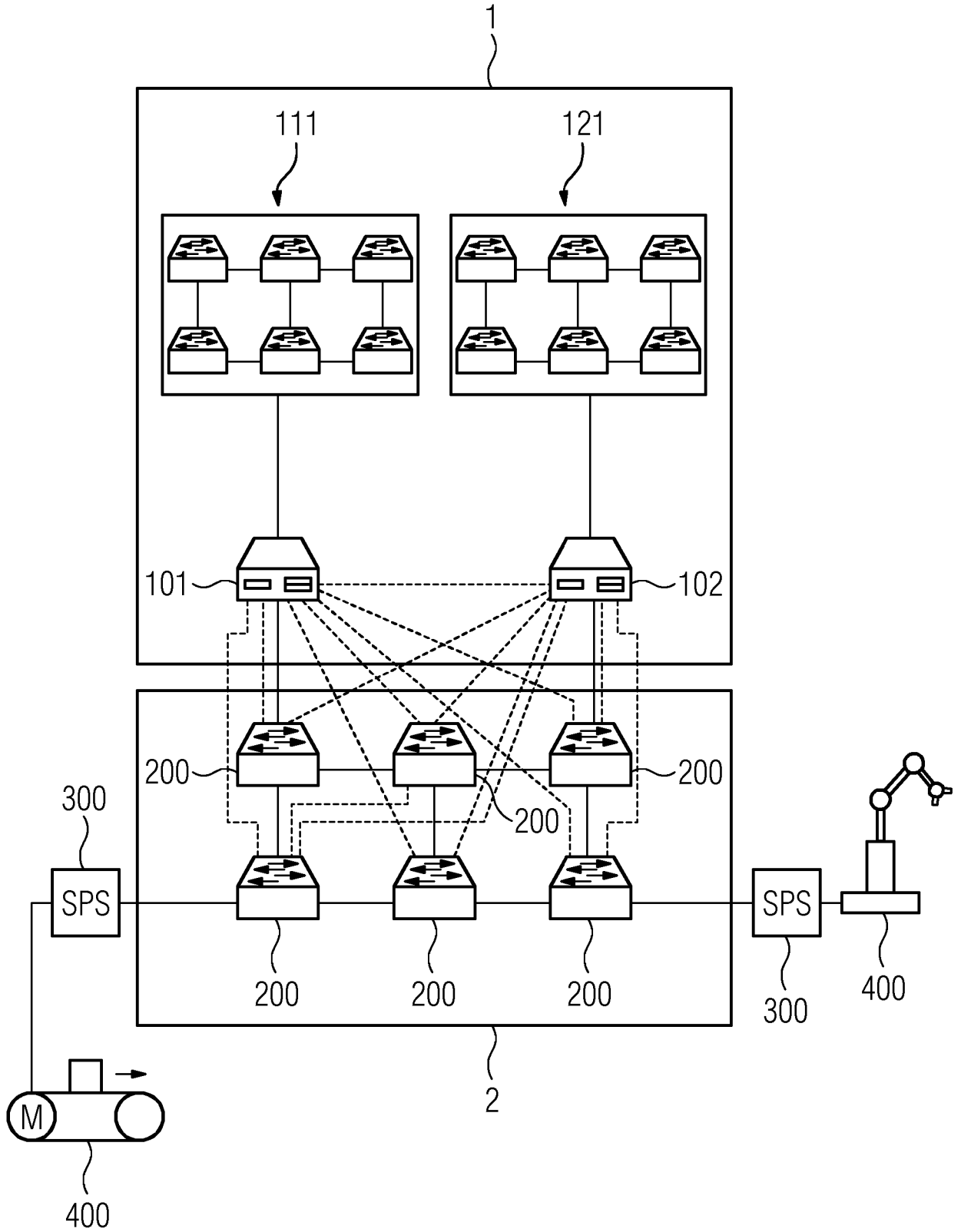
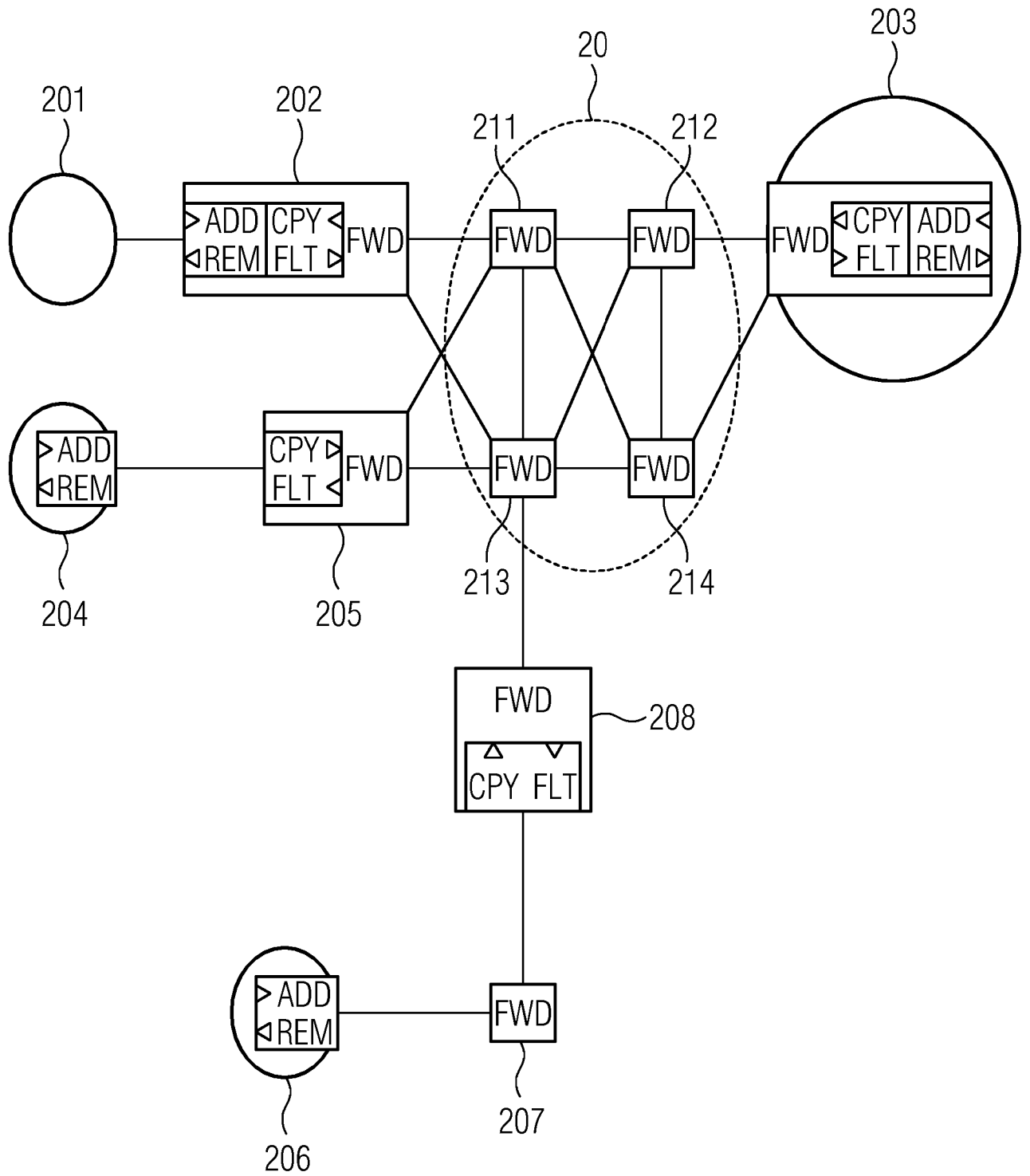


FIG 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/EP2017/057709

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. H04L12/707 H04L29/08 ADD.				
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC				
B. FIELDS SEARCHED				
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H04L				
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched				
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal				
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT				
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.		
X	VESTIN JONATHAN ET AL: "Resilient software defined networking for industrial control networks", 2015 10TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION, COMMUNICATIONS AND SIGNAL PROCESSING (ICICS), IEEE, 2 December 2015 (2015-12-02), pages 1-5, XP032894835, DOI: 10.1109/ICICS.2015.7459981 [retrieved on 2016-04-26] the whole document ----- -/--	1-16		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.				
* Special categories of cited documents : <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none; vertical-align: top;"> "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed </td> <td style="width: 50%; border: none; vertical-align: top;"> "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family </td> </tr> </table>			"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family			
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report			
11 December 2017	15/12/2017			
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Dely, Peter			

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/057709

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>Yokohama Simon: "An Introduction to Open vSwitch", LinuxCon Japan, Yokohama, 2 June 2011 (2011-06-02), XP055431355, Retrieved from the Internet: URL:https://web.archive.org/web/20160417161818if_/http://openvswitch.org:80/slides/openvswitch.en-2.pdf [retrieved on 2017-12-04] page 9</p>	1,16
A	<p>----- MOLINA ELIAS ET AL: "Performance Enhancement of High-Availability Seamless Redundancy (HSR) Networks Using OpenFlow", IEEE COMMUNICATIONS LETTERS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 20, no. 2, 1 February 2016 (2016-02-01), pages 364-367, XP011597628, ISSN: 1089-7798, DOI: 10.1109/LCOMM.2015.2504442 [retrieved on 2016-02-03] page 365</p>	8
A	<p>----- Alshabib: "Deleted or Downed Slice . opennetworkinglab/flowvisor Wiki . GitHub", 2 February 2013 (2013-02-02), XP055431401, Retrieved from the Internet: URL:https://github.com/OPENNETWORKINGLAB/flowvisor/wiki/Deleted-or-Downed-Slice [retrieved on 2017-12-04] the whole document</p>	10
A	<p>----- Alshabib: "Resource and slice limits . opennetworkinglab/flowvisor Wiki . GitHub", 1 October 2012 (2012-10-01), XP055431404, Retrieved from the Internet: URL:https://github.com/opennetworkinglab/flowvisor/wiki/Resource-and-slice-limits [retrieved on 2017-12-04] the whole document</p>	11
A	<p>----- RAFAEL PEREIRA ESTEVES ET AL: "On the management of virtual networks", IEEE COMMUNICATIONS MAGAZINE, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, US, vol. 51, no. 7, 1 July 2013 (2013-07-01), XP011520372, ISSN: 0163-6804, DOI: 10.1109/MCOM.2013.6553682 page 84, right-hand column, paragraph 1</p> <p>-----</p>	1,16

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/057709

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. H04L12/707 H04L29/08
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherhierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 H04L

Recherhierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherhierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p>VESTIN JONATHAN ET AL: "Resilient software defined networking for industrial control networks", 2015 10TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION, COMMUNICATIONS AND SIGNAL PROCESSING (ICICS), IEEE, 2. Dezember 2015 (2015-12-02), Seiten 1-5, XP032894835, DOI: 10.1109/ICICS.2015.7459981 [gefunden am 2016-04-26] das ganze Dokument</p> <p style="text-align: center;">----- -/--</p>	1-16



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

11. Dezember 2017

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

15/12/2017

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Dely, Peter

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>Yokohama Simon: "An Introduction to Open vSwitch", LinuxCon Japan, Yokohama, 2. Juni 2011 (2011-06-02), XP055431355, Gefunden im Internet: URL:https://web.archive.org/web/20160417161818if/http://openvswitch.org:80/slides/openvswitch.en-2.pdf [gefunden am 2017-12-04] Seite 9</p>	1,16
A	<p>----- MOLINA ELIAS ET AL: "Performance Enhancement of High-Availability Seamless Redundancy (HSR) Networks Using OpenFlow", IEEE COMMUNICATIONS LETTERS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, Bd. 20, Nr. 2, 1. Februar 2016 (2016-02-01), Seiten 364-367, XP011597628, ISSN: 1089-7798, DOI: 10.1109/LCOMM.2015.2504442 [gefunden am 2016-02-03] Seite 365</p>	8
A	<p>----- Alshabib: "Deleted or Downed Slice . opennetworkinglab/flowvisor Wiki . GitHub", 2. Februar 2013 (2013-02-02), XP055431401, Gefunden im Internet: URL:https://github.com/OPENNETWORKINGLAB/flowvisor/wiki/Deleted-or-Downed-Slice [gefunden am 2017-12-04] das ganze Dokument</p>	10
A	<p>----- Alshabib: "Resource and slice limits . opennetworkinglab/flowvisor Wiki . GitHub", 1. Oktober 2012 (2012-10-01), XP055431404, Gefunden im Internet: URL:https://github.com/opennetworkinglab/flowvisor/wiki/Resource-and-slice-limits [gefunden am 2017-12-04] das ganze Dokument</p>	11
A	<p>----- RAFAEL PEREIRA ESTEVES ET AL: "On the management of virtual networks", IEEE COMMUNICATIONS MAGAZINE, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, US, Bd. 51, Nr. 7, 1. Juli 2013 (2013-07-01), XP011520372, ISSN: 0163-6804, DOI: 10.1109/MCOM.2013.6553682 Seite 84, rechte Spalte, Absatz 1</p> <p>-----</p>	1,16