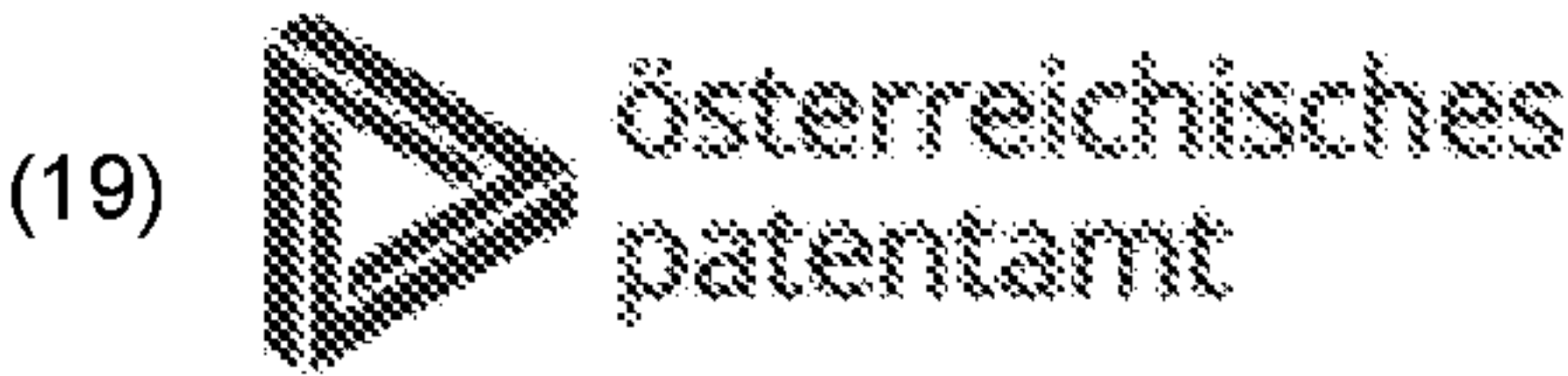




(10) **AT 522898 A1 2021-03-15**

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50740/2019

(22) Anmeldetag: 27.08.2019

(43) Veröffentlicht am: 15.03.2021

(51) Int. Cl.: **H04L 12/46** (2006.01)

H04L 29/06 (2006.01)

H04L 12/851 (2013.01)

H04L 12/841 (2013.01)

(56) Entgegenhaltungen:

US 2018302331 A1

US 2018302330 A1

US 2018237039 A1

Finn Huawei P Thubert Cisco B Varga J Farkas Ericsson N, 'Deterministic Networking Architecture', INTERNET-DRAFT: DetNet Internet Engineering Task Force IETF StandardWorkingDraft, Internet Society (ISOC), 2018-08-03, pages 1 - 41, XP015127972, EP 3522477 A1 EP 3499805 A1

(71) Patentanmelder:

B&R Industrial Automation GmbH

5142 Eggelsberg (AT)

(74) Vertreter:

Patentanwälte Pinter & Weiss OG

1040 Wien (AT)

(54) **Übertragung von Datenpaketen**

(57) Um in einem Mischnetzwerk (1) ein Datenpaket (D1) von einer Ethernet-Komponente (E1, E2, E3), in einem Ethernet-Netzwerk (3) an ein Industrielles Kommunikationsnetzwerk zu übertragen, wird ein nach den Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN konfiguriertes Industriellen Kommunikationsnetzwerk (2) verwendet und für das Datenpaket (D1) zumindest eine in den Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN definierte Garantie vergeben, indem ein das Datenpaket (D1) beinhaltende Frame (F1) im nach den Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN konfigurierten Industriellen Kommunikationsnetzwerk (2) von einer TSN-Bridge (TSN-F) identifiziert, in einen das Datenpaket (D1) beinhaltende TSN-Stream (S1) umgewandelt und das Datenpaket (D1) im TSN-Stream (S1) an eine TSN-Komponente (TSN-C) übermittelt wird.

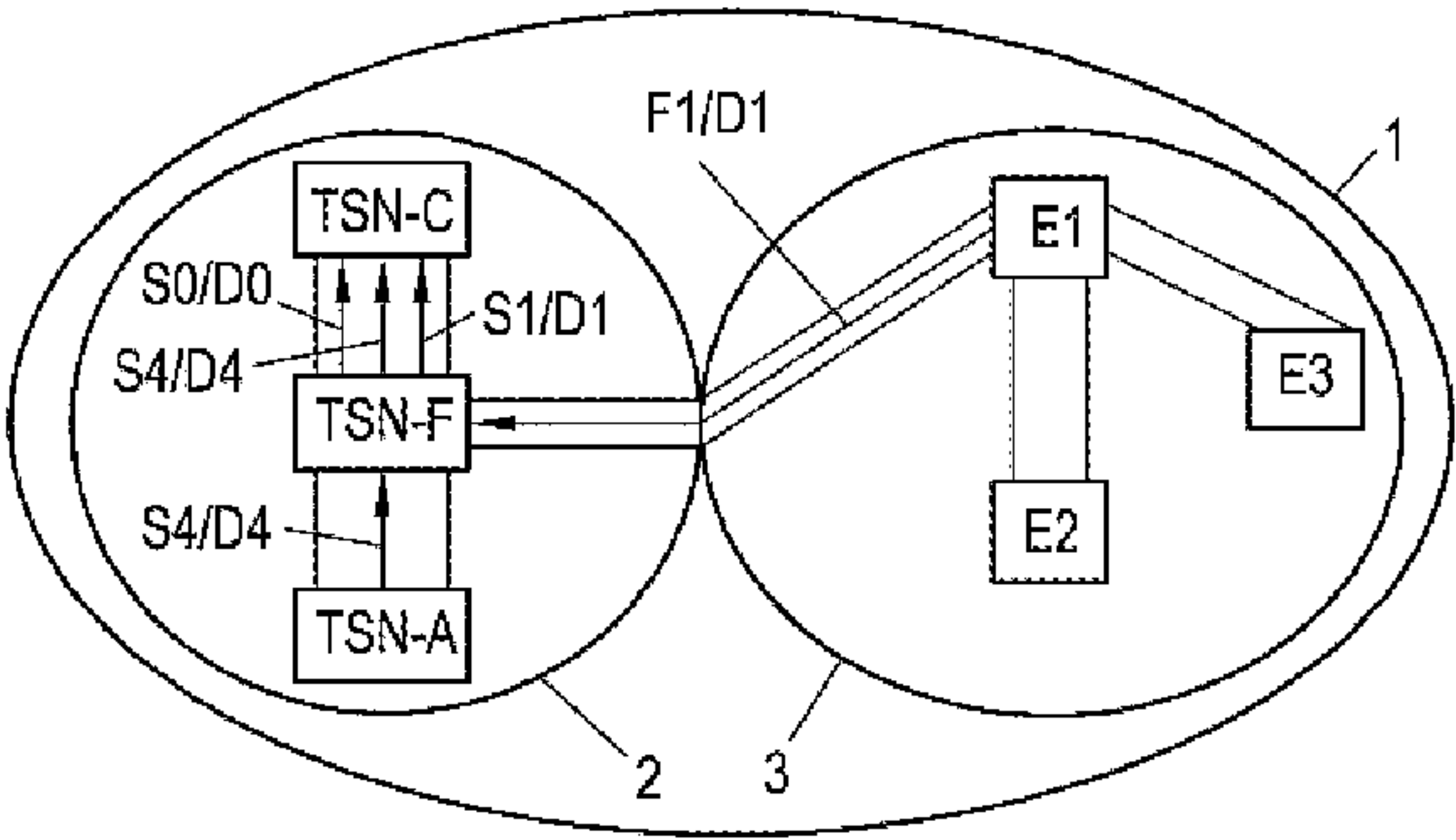


Fig. 2

Zusammenfassung

Um in einem Mischnetzwerk (1) ein Datenpaket (D1) von einer Ethernet-Komponente (E1, E2, E3), in einem Ethernet-Netzwerk (3) an ein Industrielles Kommunikationsnetzwerk zu übertragen, wird ein nach den Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN konfiguriertes Industriellen Kommunikationsnetzwerk (2) verwendet und für das Datenpaket (D1) zumindest eine in den Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN definierte Garantie vergeben, indem ein das Datenpaket (D1) beinhaltende Frame (F1) im nach den Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN konfigurierten Industriellen Kommunikationsnetzwerk (2) von einer TSN-Bridge (TSN-F) identifiziert, in einen das Datenpaket (D1) beinhaltende TSN-Stream (S1) umgewandelt und das Datenpaket (D1) im TSN-Stream (S1) an eine TSN-Komponente (TSN-C) übermittelt wird.

Fig.2

Übertragung von Datenpaketen

Die gegenständliche Erfindung betrifft ein Verfahren zur Übertragung eines, vorzugsweise zyklischen, Datenpakets von einer Ethernet-Komponente, welche in einem Ethernet-Netzwerk innerhalb eines Mischnetzwerks angeordnet ist, an eine TSN-Komponente, die in
 5 einem nach den Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN konfigurierten Industriellen Kommunikationsnetzwerk angeordnet ist.

Ein reines Ethernet-Netzwerk, welches ausschließlich aus Standard-Ethernet-Komponenten besteht, ist nicht deterministisch, womit keine Zeitgarantien für gesendete/empfangene Datenpakete abgegeben werden können - selbst wenn alle vorhandenen Quality-of-Service-
 10 Mechanismen ausgereizt werden. In Industriellen Kommunikationsnetzwerken hingegen können Datenpakete zyklisch und mit Garantien versehen übertragen werden. Um dies zu ermöglichen, werden Industrielle Kommunikationsnetzwerke meist durch spezielle Industrial-Ethernet-Komponenten, d.h. spezielle Industrial-Ethernet-Software-Stacks und spezielle Industrial-Ethernet-Hardware aufgebaut. Industrielle Kommunikationsnetzwerke zeichnen
 15 sich üblicherweise durch geringe Bitfehlerraten, sowie spezielle Frameformate und zeitlich genau organisiertes Versenden von zyklischen Frames aus.

Endpoints und Controller stellen Komponenten eines Netzwerks dar, wobei ein Endpoint nur über eine Verbindung Datenpakete empfangen kann und ein Controller über mehrere Verbindungen. Eine Bridge wird auch Switch genannt und dient einer Verbindung von
 20 Komponenten eines Netzwerks. Eine Edge Bridge dient der Verbindung eines Netzwerks (z.B. eines Industriellen Kommunikationsnetzwerks) mit einem zweiten Netzwerk (z.B. eines Standard-Ethernet-Netzwerks). Somit können Bridges reine Netzwerkinfrastrukturgeräte darstellen, es können jedoch auch als Endpoints bzw. Controller als Bridged Endpoints bzw. Bridged Controller verwendet werden, was bedeutet, dass sie auch der Verbindung weiterer
 25 Komponenten dienen können.

Spezielle Industrial-Ethernet-Komponenten, insbesondere spezielle Industrial-Ethernet-Hardware sind natürlich teurer als Standard-Ethernet-Komponenten. Aus diesem Grund kann anstatt eines reinen Industriellen Kommunikationsnetzwerks ein Mischnetzwerk vorgesehen sein, welches ein Industrielles Kommunikationsnetzwerk und ein (Standard-
 30)Ethernet-Netzwerk umfasst. Hierzu können Ethernet-Komponenten über ein Gateway mit dem Industriellen Kommunikationsnetzwerk verbunden werden. Die (Standard-)Ethernet-Komponenten unterstützen jedoch keine für einen zyklischen Datenverkehr notwendigen Funktionen für gesendete/empfangene Datenpakete, beispielsweise die Vergabe von Garantien, insbesondere Zeitgarantien. Es ist somit in einem derartigen Mischnetzwerk ohne
 35 besondere Vorkehrungen nicht vorhersehbar, wie lange ein von einer Standard-Ethernet-Komponente gesendetes Datenpaket im Mischnetzwerk unterwegs ist. Es kann auch nicht

vorhergesehen werden, ob ein Datenpaket, beispielsweise aufgrund eines Überlaufs eines Bridge-Buffers, verloren geht.

Als bekannte Industrielle Kommunikationsnetzwerke mit spezieller Industrial-Ethernet-Hardware seien PROFINET IRT, POWERLINK, EtherCAT, SERCOS etc. genannt. Derartige

- 5 Industrielle Kommunikationsnetzwerke weisen jeweils spezielle Mechanismen auf, um Mischnetzwerke zu realisieren. Im Rahmen dieser Mechanismen wird jedoch grundlegend eine Einbringung an Nichtezeitverkehr beschränkt, um die Echtzeitfähigkeit nicht zu gefährden.

Ethernet/IP und Profinet/IO hingegen stellen Industrielle Kommunikationsnetzwerke dar,

- 10 welche aus Standard Ethernet Komponenten aufgebaut werden. Damit weisen diese Industriellen Kommunikationsnetzwerke jedoch längere Zykluszeiten und eine geringere Robustheit gegenüber Nicht-Echtzeitverkehr auf, da Echtzeitverkehr und Nicht-Echtzeitverkehr nicht anhand ihrer zugehörigen Frames unterschieden werden können und somit von den Bridges gleichbehandelt werden. Daher kann der Fall eintreten, dass
- 15 Echtzeitverkehr durch Nicht-Echtzeitverkehr verdrängt wird. So kann insbesondere bei einem hohen Auftreten von Nicht-Echtzeitverkehr ein Teil des Echtzeitverkehrs in einen folgenden Zyklus verschoben werden. Damit erhält der Empfänger zumindest in einem Zyklus keine Datenpakete und schaltet in einen Fehlermodus und/oder extrapoliert die zuvor erhaltenen Datenpakete. In einem der darauffolgenden Zyklen erhält der Empfänger dann mehrere
- 20 Datenpakete. Diese multiplen Datenpakete müssen wiederum speziell behandelt werden. Ist ein geringer Anteil an Nicht-Echtzeitverkehr vorgesehen, so das genannte Problem natürlich selten auf. Eine Wahl einer derart großen Zykluszeit, dass die für Echtzeitverkehr erforderliche Bandbreite im Verhältnis klein ist, kann der Steigerung der Robustheit dienen. Bestenfalls tritt durch diese Maßnahme keine Verschiebung einzelner Frames in den
- 25 nächsten Zyklus auf.

Um in Industriellen Kommunikationsnetzwerken, welche auf Standard-Ethernet-Komponenten basieren, überhaupt zyklischen Datenverkehr zu ermöglichen, müssen Angaben zur Laufzeit der gesendeten zyklischen Datenpakete gemacht werden. Eine bekannte Möglichkeit dies zu realisieren ist die Verwendung von „Network Calculus“. Ein

30 „Network Calculus“ ist eine gängige Methode um in einem nicht-echtzeitfähigem Netzwerk Latenzen zu berechnen bzw. zu schätzen. Damit können Grenzwerte für die Laufzeit der Datenpakete angegeben werden, womit die erforderlichen Bandbreiten für eine Übertragung eines Datenpakets berechnet werden. Diese Angaben werden entsprechend statistischer Bereichsabschätzungen gewählt. Daher müssen Netzwerke, die diese Methode verwenden,

35 großzügig überdimensioniert werden. Die korrekte Dimensionierung des Netzwerks ist somit stark von der Erfahrung des Netzwerkingenieurs abhängig, da das Netzwerk bei einer mangelhaften Planung nicht oder nur eingeschränkt funktionsfähig sein kann und/oder das

Einhalten einer notwendigen Zykluszeit nicht garantiert werden kann, womit Datenpakete verloren gehen können.

Es ist daher eine Aufgabe der gegenständlichen Erfindung, ein Verfahren anzugeben, welches ein Versenden von Datenpaketen zwischen Standard-Ethernet-Komponenten in
 5 einem Ethernet-Netzwerk und Komponenten in einem Industriellen Kommunikationsnetzwerk ermöglicht, wobei eine bessere Echtzeitfähigkeit gewährleistet ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zur Übertragung eines, vorzugsweise zyklischen, Datenpakets von einer Ethernet-Komponente, welche in einem Ethernet-Netzwerk innerhalb eines Mischnetzwerks angeordnet ist, an eine TSN-
 10 Komponente, die in einem nach den Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN konfigurierten Industriellen Kommunikationsnetzwerk innerhalb des Mischnetzwerks angeordnet ist, gelöst, wobei für das Datenpaket zumindest eine in den Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN definierte Garantie vergeben wird, indem ein das Datenpaket beinhaltende Frame F1 im nach den Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN
 15 konfigurierten Industriellen Kommunikationsnetzwerk von einer TSN-Bridge identifiziert, in einen das Datenpaket beinhaltende TSN-Stream umgewandelt und das Datenpaket im TSN-Stream an die TSN-Komponente übermittelt wird.

Erfindungsgemäß wird somit das Industrielle Kommunikationsnetzwerk nach den Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN konfiguriert, womit eine Vergabe von Garantien, z.B. für
 20 zyklische Datenpakete, ermöglicht wird. Das Industrielle Kommunikationsnetzwerk, welches nach den Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN konfiguriert ist, wird in Folge der Einfachheit halber verkürzt als TSN-Netzwerk bezeichnet. Die im TSN-Netzwerk befindlichen Komponenten werden als TSN-Komponenten bezeichnet. Die in den Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN konfigurierten Streams werden in Folge als TSN-Streams
 25 bezeichnet. Der außerhalb des TSN-Netzwerks befindliche Teil des Netzwerks wird allgemein als Ethernet-Netzwerk bezeichnet. Komponenten, die sich nicht im TSN-Netzwerk (oder anderen Industriellen Kommunikationsnetzwerken), sondern im (Ethernet-)Netzwerk befinden, werden als Ethernet-Komponenten bezeichnet. Ethernet-Frames werden der Einfachheit halber als Frames bezeichnet.

30 Wird ein Frame, welches ein Datenpaket beinhaltet, ohne weitere Behandlung vom Ethernet-Netzwerk in das TSN-Netzwerk geschickt, so erfolgt dies definitionsgemäß als „best effort“, wodurch keine Garantie für das Datenpaket abgegeben werden kann. Aus diesem Grunde werden erfindungsgemäß TSN-Streams verwendet, womit die Kommunikation der TSN-Komponenten mit den Ethernet-Komponenten verbessert wird. In einem TSN-Stream wird
 35 ein Datenpaket von einer TSN-Komponente als Sender (Talker) über eine oder mehrere

entsprechend konfigurierten TSN-Bridges an eine oder weitere TSN-Komponenten als Empfänger (Listeners) übermittelt.

Eine Verwendung von TSN-Streams hat den Vorteil der einfacheren Abschätzung der benötigten Bandbreite zur Übertragung der Datenpakete im TSN-Netzwerk, da die

- 5 Bandbreite von unverplanten Zeitfenstern und/oder die freie Bandbreite der TSN-Komponenten bekannt ist. Somit kann die freie Bandbreite für weitere TSN-Streams verplant werden, indem weitere Zeitfenster für TSN-Streams vorgesehen werden, wie es die in IEEE 802.1Qcc eingeführten TSN Konfigurationsmöglichkeiten beschreiben. Die weiteren TSN-Streams transportieren erfindungsgemäß weitere Datenpakete.

- 10 Wird z.B. eine Netzwerkgarantie eines TSN-Streams S1 überschritten, da diese zu viel Bandbreite benötigt, so wird ein anderer garantierter TSN-Stream davon nicht beeinflusst. Wenn an der TSN-Bridge nicht-reservierte Bandbreite frei ist, so kann diese (auf Kosten von „best effort“-Traffic) zur Verfügung gestellt werden.

- Grundlegend könnte auch das gesamte Netzwerk ausschließlich aus TSN-Komponenten
15 aufgebaut werden, womit nur ein globales TSN-Netzwerk existiert. Da die TSN-Funktionen der TSN-Komponenten jedoch nur bei Hochleistungsanwendungen, die nur einen Teil der Aufgaben umfassen, benötigt werden, ist ein nur teilweiser Aufbau durch TSN-Komponenten vorteilhaft. Insbesondere ist ein derartiger Aufbau als Mischnetzwerk wesentlich kostengünstiger als ein reines TSN-Netzwerk.

- 20 Ethernet-Komponenten dienen in einem Mischnetzwerk somit als Zubringer zum TSN-Netzwerk. Die Kommunikation innerhalb des Ethernet-Netzwerks (und außerhalb des TSN-Netzwerks) kann in bekannter Weise durch Versand von Frames mit Datenpaketen erfolgen. Dabei können jedoch natürlich außerhalb des TSN-Netzwerks keine Garantien, sondern bestenfalls Schätzungen, für das jeweilige Datenpaket abgegeben werden. Dies betrifft auch
25 Frames mit Datenpaketen, die an das TSN-Netzwerk gesendet werden, bevor sie im TSN-Netzwerk eintreffen und in TSN-Streams umgewandelt werden.

- Es können im Ethernet-Netzwerk (außerhalb des TSN-Netzwerks) zudem weiterhin entsprechende Maßnahmen, wie Isolierung, Überdimensionierung und „Network Calculus“, vorgesehen sein. Als Isolierung wird allgemein eine Verwendung einzelner Subnetzwerke,
30 durch welche jeweils nur ein Teil des Datenverkehrs geführt wird, bezeichnet. Dadurch sind die potentiellen Störeinflüsse für den Echtzeitverkehr durch einen auftretenden Nicht-Echtzeitverkehr geringer. Für ein Ethernet-Netzwerk mit Isolierung wird natürlich mehr Netzwerkinfrastruktur, d.h. mehr Bridges und Verkabelung benötigt, als für ein Ethernet-Netzwerk ohne Isolierung. Eine Verwendung derartiger Maßnahmen im Ethernet-Netzwerk
35 (außerhalb des TSN-Netzwerks) ist jedoch weiterhin weniger kostenintensiv als der Betrieb eines reinen TSN-Netzwerks.

Ein weiterer Vorteil eines Mischnetzwerks ist es, dass zusätzliche Ethernet-Komponenten mit dem Ethernet-Netzwerk als Teil des Mischnetzwerks verbunden werden können, ohne die bereits vorhandenen TSN-Streams zu beeinflussen, da die TSN-Streams nur im TSN-Netzwerk als Teil des Mischnetzwerks existieren.

- 5 Ein Aufbau eines Mischnetzwerks ist weiters in einfacher Weise bewerkstelligbar, da Industrial Ethernet-Komponenten oftmals mit einem Standard-Ethernet-Anschluss versehen sind und das TSN-Netzwerk in einfacher Weise um weitere Ethernet-Komponenten erweitert werden kann, womit eine „Ethernet Insel“ im TSN-Netzwerk erzeugt werden kann. Das TSN-Netzwerk stellt eine Erweiterung eines Ethernet-Netzwerks dar und ist daher voll
- 10 rückwärtskompatibel. Die zusätzlichen Ethernet-Komponenten können jedoch bereits vorhandene „best effort“ Frames beeinflussen.

- Vorzugsweise erfolgt die Identifikation des TSN-Streams nach dem Standard IEEE 802.1CB. Es kann der TSN-Stream im TSN-Netzwerk somit mit dem Time-Aware Shaper des TSN-Standards IEEE 802.1Qbv geshaped werden. Dies ist besonders vorteilhaft, wenn
- 15 beispielsweise ein Empfangszeitpunkt oder eine Bandbreite als Garantie vergeben wird.

- Es können grundlegend zyklische Prozessdaten, Audio/Video-Daten und andere Streamingdienste, Konfigurationen, Netzwerktraces, Firmware-Downloads etc. als Datenpakete gesendet werden. Um die Frames dieser Datenpakete beim Eintritt in das TSN-Netzwerk richtig erkennen zu können, kann eine Stream-Identifikationsfunktion, wie sie im
- 20 Standard IEEE 802.1CB definiert ist, verwendet werden. Im Standard 802.1CB werden vier Stream-Identifikationsfunktionen definiert, wobei auch ein Zugriff auf die Headerinformationen von höheren Protokollen (IP, UDP, TCP, OPC UA etc.) möglich ist.

- Für eine garantierte Bandbreite, Burstfähigkeit und/oder Latenz können ebenso der Credit-Based Shaper (aus IEEE 802.1Q) oder der Asynchronous Traffic Shaper aus IEEE 802.1Qcr
- 25 verwendet werden. Sehr oft werden diese Egress-Features (die den Traffic am Ausgang einer Bridge „shapen“) noch durch Ingress-Policing (IEEE 802.1Qci) unterstützt, um fehlerhaft „geshapte“ oder gesendete TSN-Frames am Eingang einer Bridge auszusortieren.

- Vorzugsweise wird der Frame beim Eintreffen in das nach den Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN konfigurierten Industriellen Kommunikationsnetzwerk von einer TSN-Edge-Bridge identifiziert, in den TSN-Stream umgewandelt und an die TSN-Komponente
- 30 übermittelt. Eine TSN-Edge-Bridge ist eine TSN-Bridge, welche auch mit einer Standard-Ethernet-Komponente verbunden ist. Alternativ kann der Frame aber auch von einer TSN-Edge-Bridge als „best effort“ entlang der Kommunikationsverbindung an weitere TSN-Bridges weitergesendet werden und erst von einer darauffolgenden TSN-Bridge in den TSN-
 - 35 Stream umgewandelt und wiederum als solcher weitergeleitet werden.

Vorzugsweise wird bei der Umwandlung des Frames in den TSN-Stream ein Ethernet-Header des Frames durch einen TSN-Header ersetzt, was besonders vorzugsweise mittels einer Retagging-Funktion nach dem Standard IEEE 802.1Qci erfolgt.

Der TSN-Header umfasst dann eine Stream-Adresse anstelle einer von Ethernet

- 5 verwendeten (unicast) Destination-MAC-Adresse. Der Frame, welches das Datenpaket enthält, kann also einerseits aufgrund eines Ethernet-Headers identifiziert werden und andererseits kann der Ethernet-Header des ursprünglichen Frames bei der darauffolgenden Umwandlung in den TSN-Stream durch einen TSN-Header ersetzt werden.

Eine häufig verwendete Funktion in managed Ethernet-Netzwerken sind virtuelle LANs

- 10 (VLANs), wobei jede Ethernet-Komponente Mitglied in einem oder mehreren VLANs werden kann. Die zwischen Ethernet-Komponenten eines VLANs versendeten Frames werden mit einem entsprechenden Tag versehen (tagged Frames). Die Netzwerkinfrastruktur trägt dafür Sorge, dass diese Frames von Ethernet-Komponenten, die Mitglieder in anderen VLANs sind, nicht gesehen werden - auch nicht, wenn diese als Broadcast versendet werden. Die
- 15 TSN-Streams im TSN-Netzwerk können als Erweiterung dieses Konzept gesehen werden, da mit VLANs Teilnetzwerke gekapselt werden und mit TSN-Streams konkrete Kommunikationsbeziehungen gekapselt werden. Daher kann das VLAN-Feld als Teil der Stream-Adresse von TSN-Streams verwendet werden. So schreibt ein TSN-Stream einen VLAN-Tag vor, welcher fixer Bestandteil der Stream-Adresse ist. Hierzu kann eine
- 20 Retagging-Funktion, wie sie im Standard IEEE 802.1Qci beschrieben ist, verwendet werden. Das identifizierte Frame erhält somit einen neuen Header mit Stream-ID, womit das Datenpaket als TSN-Stream und nicht als unspezifizierter „best effort“-Traffic behandelt wird.

Die Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN erfordern einen VLAN-Tag und definieren (als eine der Möglichkeiten) DMAC + VLAN-Tag als Stream-Adresse. Diese Stream-Adresse

- 25 umfasst insgesamt 10 Byte und wird beim Retagging überschrieben. Die anderen Header-Felder (in diesem Fall Source-MAC-Adresse und Ethertype bleiben vorzugsweise unverändert). Der Ethernet-Standard erlaubt nur optional den 4 Byte großen VLAN-Tag, in welchem VLANs und Prioritäten definiert werden können. Wenn dieser VLAN-Tag nicht vorhanden war, so kann er beim Retagging eingefügt werden, wodurch der Frame
- 30 entsprechend verlängert wird.

Vorzugsweise wird eine minimale Bandbreite des TSN-Streams und/oder eine maximale Latenz des TSN-Streams und/oder eine definierte Burstfähigkeit des TSN-Streams und/oder ein definierter Empfangszeitpunkt des TSN-Streams als Garantie vergeben. Dies ist in auf Standard-Ethernet Komponenten basierenden Industrial Ethernet-Netzwerken nicht möglich

35 und wird daher durch die Verwendung eines TSN-Netzwerks als Industrielles Kommunikationsnetzwerk ermöglicht.

Als Burst wird ein möglichst rasches Versenden einer großen Menge an Daten bezeichnet. Dabei ist es jedoch ohne entsprechende Vorkehrungen sehr wahrscheinlich, dass einzelne Frames des Bursts mit anderem Traffic im Netzwerk kollidieren. In einem TSN-Netzwerk kann der Standard IEEE 802.1 TSN Qav verwendet werden, welcher für einen Burst den
 5 sogenannten Credit-Based-Shaper definiert. Ein Sender kann in einem TSN-Netzwerk durch „Ruhe“ bzw. „Nicht-Versenden“ Credits ansparen, die er dann beim Versenden von TSN-Frames ausgeben muss. Dadurch wird die maximale Größe eines möglichen Bursts definiert. Wenn der Sender keine Credits mehr hat, muss er jeweils nach einem Frame warten, bis er genug Credits für den nächsten Frame beisammen hat. Dadurch werden seine Frames
 10 ziemlich gleichmäßig über die Zeit verteilt.

Die Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN umfassen verschiedene Traffic-Shaping-Mechanismen. Der Standard (802.1) Qbv kann beispielsweise zeitliche Garantien abgeben. Es kann auch der Standard (802.1) Qav verwendet werden, um Latenzen und Bandbreiten zu reservieren. Der Standard (802.1) Qci kann wiederum verwendet werden, um Bandbreiten
 15 zu beschränken. Es können natürlich auch alle (relevanten) weiteren in IEEE 802.1 TSN enthaltenen/referenzierten Standards für die Implementierung von Traffic-Garantien verwendet werden (wie Qch, Qcr etc.).

Die Garantien können für zyklisch gesendete Datenpakete, aber auch für „unregelmäßige“ (sporadisch gesendete) Datenpakete wie Videostreams oder für Internetdownloads etc.
 20 vergeben werden. Welchen Inhalt das Datenpaket aufweist, ist für die Vergabe von Garantien nicht relevant, wobei die Wahl der Konfiguration natürlich an den angenommenen Anforderungen der Datenpakete orientiert werden kann.

Werden zyklischen Prozessdaten als Datenpakete versendet, so werden vorzugsweise Garantien auf den Empfangszeitpunkt oder auf die Latenz vergeben. Bei Audio/Video-Daten
 25 oder Konfigurationsdaten als Datenpakete werden vorzugsweise Garantien auf die Bandbreite vergeben. Bei Traces und/oder Downloads als Datenpakete werden vorzugsweise Garantien auf Burstfähigkeit und Latenz vergeben.

Die Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN definieren unter anderem Shaping-Mechanismen für Echtzeit, Bandbreite, Burstfähigkeit und Latenz. Vorzugsweise werden
 30 somit für die Vergabe von Garantien für den TSN-Stream TSN-Shaping-Mechanismen verwendet. Damit können jegliche Garantien, die in den Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN definiert werden, vergeben werden. Dies kann erfolgen, indem in der TSN-Bridge, welche eine Umwandlung in den TSN-Stream durchführt, eine Shaper-Konfiguration vorgenommen wird. Weiters wird die Shaper-Konfiguration in allen weiteren TSN-Bridges,
 35 über welche der TSN-Stream geführt wird, vorgenommen.

Die Vergabe eines Empfangszeitpunkts als Garantie kann erfolgen, indem das Datenpaket in einem TSN-Stream während eines vorgegebenen Zeitfensters eines Zyklus an die TSN-Komponente übermittelt wird. Für das Verschicken von zyklischen Daten mit Empfangszeitpunktgarantie werden im TSN-Netzwerk bei jeder TSN-Bridge, über welche der TSN-Stream geleitet wird, Zeitfenster exklusiv für diesen TSN-Stream konfiguriert. Garantiert der Sender (Talker) darüber hinaus seinen Sendezeitpunkt zu jedem Zyklus, so kann der Versand des TSN-Streams optimiert werden, da die Zeitfenster im TSN-Netzwerk sehr eng und ohne große Puffer aneinandergelegt werden können.

Wird in einem TSN-Netzwerk ein Shaping Mechanismus gleichzeitig mit „best effort“ Traffic oder mehreren Shaping-Mechanismen verwendet, dann wird dies allgemein als „converged“ bezeichnet, womit sich ein sogenanntes „Converged Netzwerk“ ergibt. In einem „Converged Netzwerk“ werden verschiedene Arten von Datenverkehr mit unterschiedlichen Anforderungen (Laufzeit, Bandbreite, Burst-Fähigkeit etc.) gleichzeitig auf einer Netzwerkinfrastruktur abgebildet.

Werden mehrere Traffic-Shaping-Mechanismen in einem TSN Netzwerk verwendet, so sind in der Regel nicht immer alle Arten von Traffic mit voller reservierter Bandbreite aktiv. Somit kann zu Optimierungszwecken nicht genutzte Bandbreite von einem Shaper einem anderen Shaper zur Mitbenutzung überlassen werden. Es können auch TSN-Streams mit niedriger Priorität durch TSN-Streams mit höherer Priorität unterbrochen werden, wenn dadurch die TSN-Streams mit niedriger Priorität ihre Garantien einhalten können (wie in IEEE 802.1Qbu und IEEE 802.3br beschrieben).

Vorzugsweise wird bei einem Übertragen eines Datenpakets von der im nach den Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN konfigurierten Industriellen Kommunikationsnetzwerk befindlichen TSN-Komponente an eine im Ethernet-Netzwerk, außerhalb des nach den Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN konfigurierten Industriellen Kommunikationsnetzwerk, befindliche Ethernet-Komponente ein das Datenpaket beinhaltender TSN-Stream von einer TSN-Bridge in ein das Datenpaket beinhaltenden Frame umgewandelt und das Datenpaket im Frame an die Ethernet-Komponente übermittelt.

Bei der Umwandlung des TSN-Streams in den Frame kann der TSN-Header des TSN-Streams durch einen Ethernet-Header, vorzugweise durch ein Retagging-Funktion nach dem Standard IEEE 802.1Qci, ersetzt werden.

Es kann bei der Umwandlung des TSN-Streams in den Frame der TSN-Header des TSN-Streams der VLAN-Tag entfernt werden oder der TSN-Header des TSN-Streams für den Frame weiterverwendet werden.

Wird der VLAN Tag gelöscht, so gehen natürlich die Features der des VLAN-Tags, d.h. die Definition von Prioritäten von Frames und der Konfiguration von virtuellen Netzwerken,

verloren. Damit können nur Komponenten, die das gleiche VLAN konfiguriert haben, Frames aneinander versenden.

Wird der TSN-Header weiterverwendet, so wird der TSN-Header von unkonfigurierten Ethernet-Komponenten als Frame-Header interpretiert. Im TSN-Header ist

- 5 konventionsgemäß das Multicast-Bit gesetzt, was dazu führt, dass im Ethernet-Netzwerk das Frame überallhin geschickt wird. Somit muss der jeweilige Empfänger so konfiguriert sein, dass er die Multicast-Adresse empfängt. Weiters wird das Ethernet-Netzwerk mit solchen Multicast-Frames stärker belastet.

Wird der TSN-Stream unverändert ins Ethernet-Netzwerk geschickt, so wird dort die vom

- 10 TSN-Stream verwendete Multicast Destination-MAC-Adresse als Broadcast interpretiert und die Bridges des Ethernet-Netzwerks verschicken den Frame an alle Ethernet-Komponenten. Durch diese Vorgehensweise wird jedoch ein Teil des Netzwerks mit überflüssigen Daten überflutet. Daher ist es grundlegend vorteilhaft, den TSN-Stream in einen Frame umzuwandeln.

- 15 Vorteilhafterweise kann beim Übertragen eines TSN-Streams von der im Industriellen Kommunikationsnetzwerk befindlichen TSN-Komponente an eine im Ethernet-Netzwerk, außerhalb des Industriellen Kommunikationsnetzwerks, befindliche Ethernet-Komponente der TSN-Stream von einer TSN-Bridge in einen Frame umgewandelt werden.

Vorzugsweise wird der TSN-Stream beim Verlassen des nach den Standards der

- 20 Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN konfigurierten Industriellen Kommunikationsnetzwerk von einer TSN-Edge-Bridge in das das Datenpaket beinhaltende Frame umgewandelt.

Anstatt der TSN-Edge-Bridge kann auch eine weiter im Inneren des TSN-Netzwerks angeordnete TSN-Bridge die Umwandlung in einen Frame übernehmen. In diesem Fall wird der Frame auf der Kommunikationsverbindung von der umwandelnden TSN-Bridge bis zur

- 25 TSN-Edge-Bridge als „best effort“ versandt, obwohl er sich eigentlich noch im TSN Netzwerk befindet.

Die Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN umfassen insbesondere den Standard IEEE 802.1Q-2018, welcher die TSN-Funktionen beschreibt. Weiters umfassen die Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN den Standard IEEE 802.1CB-2017.

- 30 Die Standards IEEE 802.1Qbv-2015, IEEE 802.1Qci-2017, IEEE 802.1Qch-2017, IEEE 802.1Qbu-2016 stellten bis 2018 Amendments des Standard IEEE.802.1Q-2014 dar und stellten somit eigenständige Standards dar und wurden in den Standard IEEE 802.1Q-2018 aufgenommen. IEEE 802.1Qav-2009 wurde schon in den Standard in IEEE.802.1Q-2014 aufgenommen.

Der Standard IEEE 802.1Qcc-2018 wurde erst im Jahr 2018 veröffentlicht und stellt somit ein Amendment zum Standard IEEE 802.1Q-2018 dar.

Der Standard IEEE 802.1Qav war im Standard IEEE 802.1Qav-2009 enthalten und ist nunmehr ebenfalls im Standard IEEE 802.1Q-2018 enthalten.

- 5 Das Projekt IEEE 802.1Qcr ist zum Zeitpunkt des Einreichens der gegenständlichen Patentanmeldung noch nicht als Standard veröffentlicht und hat die Projektnummer IEEE P802.1Qcr.

Der Standard IEEE Std. 802.3br-2016 ist ein Amendment des Standards IEEE Std. 802.3-2015 und nun im Standard IEEE 802.3-2018 enthalten.

10

Die gegenständliche Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren 1 bis 3 näher erläutert, die beispielhaft, schematisch und nicht einschränkend vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung zeigen. Dabei zeigt

Fig.1 ein Ethernet-Netzwerk und ein eingebettetes TSN-Netzwerk,

- 15 Fig.2 eine Umwandlung eines Frames in einen TSN-Stream,

Fig.3 einen Empfangszeitpunkt als zeitliche Garantie.

- Fig. 1 zeigt ein Mischnetzwerk 1, welches ein Ethernet-Netzwerk 3 umfasst. Das Ethernet-Netzwerk 3 umfasst wiederum eine Anzahl Ethernet-Komponenten E1, E2, E3. Es werden
20 Netzwerk-Komponenten, die zwar nach IEEE 802.1Q (und den weiteren üblicherweise anzuwendenden Standards für Ethernet Bridges), aber nicht entsprechend den Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN konfiguriert sind, als Ethernet-Komponenten E1, E2, E3 bezeichnet. Es ist im Ethernet-Netzwerk 3 beispielhaft ein Ethernet-Controller als Ethernet-Komponente E1 vorgesehen, welcher mit einem Ethernet-Feldgerät als zweite Ethernet-
25 Komponente E2 und mit einem Ethernet-Drucker als dritte Ethernet-Komponente E3 verbunden ist. Der Ethernet-Controller E1 und das Ethernet-Feldgerät E2 können zyklischen Datenverkehr verarbeiten, der Ethernet-Drucker E3 hingegen nicht. Die applikative Funktion der Ethernet-Komponenten E1, E2, E3 ist für die Funktion der Erfindung jedoch nicht maßgeblich. Ethernet-Controller E1, Ethernet-Feldgerät E2 und Ethernet-Drucker E3 werden
30 daher allgemein als Ethernet-Komponenten E1, E2, E3 bezeichnet. Die Kommunikationsverbindungen zwischen den Ethernet-Komponenten E1, E2, E3 sind in den Fig. 1 und 2 als Balken dargestellt und verbinden Ports der jeweiligen Ethernet-Komponenten E1, E2, E3.

Es werden im Ethernet-Netzwerk 3 zwischen den Ethernet-Komponenten E1, E2, E3 Frames F2, F3 versendet, welche jeweils Datenpakete D2, D3 beinhalten. So kommuniziert die Ethernet-Komponente E2 über eine verbindende Kommunikationsverbindung mit der Ethernet-Komponente E1 (und umgekehrt) über ein im Frame F2 enthaltenes Datenpaket

5 D2. Weiters kommuniziert die Ethernet-Komponente E3 über eine verbindende Kommunikationsverbindung mit der Ethernet-Komponente E1 (und umgekehrt) über ein im Frame F3 enthaltenes Datenpaket D3. Diese Kommunikation ist in Fig. 1 durch die Pfeile entlang der jeweiligen Kommunikationsverbindungen zwischen den Ethernet-Komponenten E1, E2, E3 angedeutet. Innerhalb des Ethernet-Netzwerks 3 kann der Versand der

10 Datenpakete D2, D3 nur in Frames F2, F3 und damit ohne Angabe von Garantien erfolgen.

Die Ethernet-Komponenten E1, E2, E3 können managed (verwaltet) oder auch unmanaged (nicht verwaltet) ausgeführt sein. Unmanaged Ethernet-Komponenten E1, E2, E3 können in einfacher Weise mit dem Ethernet-Netzwerk 3 verbunden werden (Plug-and-Play), bieten jedoch keine Möglichkeit zur Konfiguration oder Verwaltung. Eine unmanaged Ethernet-

15 Komponente E1, E2, E3 erlernt die Zieladresse einer weiteren, über einen Port erreichbaren, Ethernet-Komponente E1, E2, E3 selbständig durch Auswertung von Quelladressen von Frames F2, F3, welche von dieser weiteren Ethernet-Komponente E1, E2, E3 gesendet werden. Ist eine Zieladresse eines Frames F2, F3 noch unbekannt (da von der weiteren Ethernet-Komponente E1, E2, E3 noch kein Frame F2, F3 erhalten wurde), so wird der

20 Frame F2, F3 an alle Ports und damit an alle Ethernet-Komponenten E1, E2, E3 weitergeschickt, was als Flooding bezeichnet wird. Managed Ethernet-Komponenten E1, E2, E3 können hingegen beispielsweise durch ein externes Gerät konfiguriert, verwaltet und/oder überwacht werden. So kann beispielsweise eine Adresstabelle konfiguriert werden oder das Ethernet-Netzwerk 3 mittels VLANs in unabhängige Segmente geteilt werden. Es können im

25 Rahmen der gegenständlichen Erfindung managed und/oder unmanaged Ethernet-Komponenten E1, E2, E3 und/oder VLANs verwendet werden.

Die im Rahmen des dargestellten Ausführungsbeispiels beschriebenen Ethernet-Komponenten E1, E2, E3 und TSN-Komponenten TSN-A, TSN-F, TSN-C sind in der Lage Datenpakete zu erzeugen und zu empfangen und sind weiters Teil der Netzwerkinfrastruktur

30 mit mehr als einem Port. Es handelt sich somit in IEEE Nomenklatur um Bridged Endpoints. Ohne Beschränkung der Allgemeinheit gelten aber alle Endpoint-spezifischen Aussagen ebenfalls für Endpoints mit nur einem Port und alle Netzwerkinfrastruktur-spezifischen Aussagen ebenfalls für reine Netzwerkinfrastrukturgeräte, d.h. reine Bridges.

Zusätzlich zum Ethernet-Netzwerk 3 umfasst das Mischnetzwerk 1 zumindest ein

35 Industrielles Kommunikationsnetzwerk, vorzugsweise mit zyklischem Datenverkehr, welches erfindungsgemäß derart konfiguriert wird, dass Funktionen nach den Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN unterstützt werden. Dieser Teil wird in Folge als TSN-

Netzwerk 2 bezeichnet kann als „TSN-Insel“ vom Ethernet-Netzwerk 3 umgeben sein. Das TSN-Netzwerk 2 kann auch an das Ethernet-Netzwerk 3 angrenzen, wie es in Fig. 1 und 2 dargestellt ist. Das TSN-Netzwerk 2 umfasst die TSN-Komponenten TSN-A, TSN-F und TSN-C, beispielsweise als Feldgeräte, wobei die TSN-Komponente TSN-F auch als TSN-Edge-Bridge dient. Die Kommunikationsverbindungen zwischen den TSN-Komponenten TSN-A, TSN-F, TSN-C sind ebenso als Balken dargestellt und verbindet die Ports der jeweiligen TSN-Komponenten TSN-A, TSN-F, TSN-C. Ebenso besteht im Mischnetzwerk 1 eine Kommunikationsverbindung zwischen dem Ethernet-Netzwerk 3 und dem TSN-Netzwerk 2 in Form einer Kommunikationsverbindung zwischen der Ethernet-Komponente E1 und der TSN-Komponente TSN-C über die TSN-Edge-Bridge TSN-F.

Es könnten im Mischnetzwerk 1 natürlich auch ein oder mehrere weitere Ethernet-Netzwerke 3 und/oder ein oder mehrere weitere industrielle Netzwerke, vorzugsweise mit zyklischem Datenverkehr, vorgesehen sein. Diese ein oder mehreren weiteren Industriellen Netzwerke können ebenso nach den Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN konfiguriert sein und damit ein oder mehrere TSN-Netzwerke 2 darstellen. Jegliche Industrielle Netzwerke, bzw. TSN-Netzwerke können im Mischnetzwerk 1 an andere Ethernet-Netzwerke 3 und/oder TSN-Netzwerke 2 angrenzen und/oder als „TSN-Insel“ von anderen Ethernet-Netzwerken 3 und/oder TSN-Netzwerken 2 umgeben sein.

Wird ein Datenpaket D2, D3 in einem Frame F2, F3 von einer Ethernet-Komponente E1, E2, E3 zu einer weiteren Ethernet-Komponente E1, E2, E3 gesendet, so kann das besagte Frame F2, F3 statt einer direkten Übertragung über die direkt verbindende Kommunikationsverbindung auch durch das TSN-Netzwerk 2 durchgeroutet werden. Dabei würde jedoch keine Umwandlung in einen TSN-Stream und keine Vergabe von Garantien erfolgen.

Innerhalb eines TSN-Netzwerks 2 kann die Übertragung von TSN-Datenpaketen D0, D4 zwischen den jeweiligen TSN-Komponenten TSN-C, TSN-F, TSN-A mit bekannten TSN Traffic-Shaping-Mechanismen konfiguriert werden. So kann beispielsweise die TSN-Komponente TSN-F einem TSN-Stream S0 mit einem Datenpaket D0 an die TSN-Komponente TSN-C senden (wie in Fig. 2 angedeutet) und umgekehrt (nicht in Fig. 2 dargestellt). Dabei können für die Übertragung des Datenpakets D0 Garantien abgegeben werden, beispielsweise eine maximal benötigte Bandbreite, eine maximale Latenz, ein garantierter Sendezeitpunkt und/oder Empfangszeitpunkt etc. Die maximal zur Verfügung stehenden Garantien müssen sich selbstverständlich den Randbedingungen der TSN-Komponenten TSN-C, TSN-F, TSN-A, wie senderseitig auftretende Netzwerklast, Weiterleitungs-Latenzen, verfügbare Bandbreite bzw. Datenübertragungsrate (z.B. Gigabit) etc., im TSN-Netzwerk 2 unterordnen. Diese Überprüfung ist eine Aufgabe des Konfigurationstools und für die Erfindung nicht maßgeblich.

Weiters wird in Fig. 2 beispielhaft ein weiterer TSN-Stream S4 mit einem Datenpaket D4 von der TSN-Komponente TSN-A über die TSN-Komponente TSN-F an die TSN-Komponente TSN-C gesendet. Die Konfiguration des TSN-Netzwerks 2 sorgt dafür, dass der TSN-Stream S4 und der TSN-Stream S0 von der TSN-Komponente TSN-F zur TSN-Komponente TSN-C
 5 gesendet werden können. Dabei stört weder der TSN-Stream S4 den TSN-Stream S0, noch umgekehrt, obwohl dieselbe Kommunikationsverbindung verwendet wird. Dies ist selbst dann möglich, wenn der weitere TSN-Stream S4 und der TSN-Stream S0 die gleichen Garantien (Empfangszeitpunkt, Bandbreite, Latenz etc.) fordern.

Würde hingegen innerhalb des Ethernet-Netzwerks 3 ein weiterer Frame mit einem bereits
 10 vorgesehenen Frame F2, F3 zusammentreffen, d.h. zum gleichen Zeitpunkt an den gleichen Port weiter geleitet werden, so würde der weitere Frame den Frame F2, F3 stören und verzögern, selbst wenn dies nicht über die gleiche Kommunikationsverbindung erfolgt. Der auftretende Jitter würde dazu führen, dass einmal der weitere Frame und einmal der vorgesehene Frame F2, F3 bearbeitet werden. Im Gegenzug dazu kann im TSN-Netzwerk
 15 genau konfiguriert werden, wann welcher Frame weitergeleitet werden soll und die Weiterleitung ist daher trotz Jitter nach außen immer gleich.

In Fig. 2 erfolgt zusätzlich zu den TSN-Streams S0, S4 die Übertragung eines Datenpakets D1 von der Ethernet-Komponente E1 über die TSN-Komponente TSN-F (als TSN-Edge-Bridge) an die TSN-Komponente TSN-C. Dieses trifft ungefähr zeitgleich mit der
 20 Übertragung der TSN-Streams S0, S4 bei der TSN-Komponente TSN-F ein. Im Gegensatz zur Übertragung eines TSN-Streams S0, S4 von der TSN-Komponente TSN-F an die TSN-Komponente TSN-C, kann für eine Übertragung eines Frames F1 selbst grundlegend keine zeitliche Garantie abgegeben werden. Je nach Eintreffzeitpunkt würde der Frame F1 noch vor den beiden TSN-Streams S0, S4 oder erst danach weitergeleitet. Es wird daher
 25 erfindungsgemäß der Frame F1, welcher das Datenpaket D1 enthält, im TSN-Netzwerk 2 von einer TSN-Bridge identifiziert, was hier durch die TSN-Komponente TSN-F in Form einer TSN-Edge-Bridge erfolgt. Ab dieser Identifizierung sind die notwendigen Übertragungseigenschaften des zu übertragenden Datenpakets D1 bekannt, da diese vorkonfiguriert sind. Nach der Identifizierung wird der Frame F1 in einen TSN-Stream S1
 30 umgewandelt und im TSN-Netzwerk 2 entsprechend verarbeitet. Diese Umwandlung erfolgt beispielsweise, indem entsprechend der Konfiguration der Ethernet-Header des Frames F1 durch einen TSN-Header vom TSN-Stream S1 ersetzt wird. Der TSN-Stream S1 wird daraufhin von der TSN-Bridge (hier TSN-Komponente TSN-F) an die adressierte(n) TSN-Komponente(n) (hier TSN-Komponente TSN-C) über die vorgesehenen
 35 Kommunikationsverbindungen gesendet und entsprechend der Konfiguration behandelt. Dadurch wird der weitere Datenverkehr (hier in Form der TSN-Streams S0, S4 mit den Datenpaketen D0, D4) auf derselben Kommunikationsverbindung nicht beeinflusst – im

converged Netzwerk werden somit die Garantien für alle TSN-Streams S0, S1, S4 eingehalten. In Fig. 2 dient beispielhaft lediglich eine Kommunikationsverbindung von der TSN-Komponente TSN-F zur TSN-Komponente TSN-C als Kommunikationsverbindung. Natürlich könnte der TSN-Stream S1 auch über weitere Kommunikationsverbindungen und

5 TSN-Komponenten geleitet werden.

Die Identifizierung des Frames F1 und die Umwandlung des Frames F1 in einen TSN-Stream S1 kann wie in diesem Ausführungsbeispiel beschrieben sofort beim Eintreffen im TSN-Netzwerk 2 an einer TSN-Edge-Bridge (hier an der TSN-Komponente TSN-F) des TSN-Netzwerks 2 erfolgen.

10 Es könnte jedoch stattdessen, insbesondere in größeren Netzwerken, auch der Frame F1 von einer TSN-Edge-Bridge erst als „best effort“ weitergeleitet werden und von einer der darauffolgenden TSN-Bridges identifiziert und in einen TSN-Stream S1 umgewandelt werden. Dies kann insbesondere vorteilhaft sein, wenn die Konfigurationskapazitäten der TSN-Edge-Bridge nicht ausreichen.

15 Mit der erwähnten Retagging-Methode können alle aus dem Ethernet-Netzwerk 3 stammenden Frames in TSN-Streams umgewandelt werden, vorausgesetzt, es ist im TSN-Netzwerk 2 ausreichend Bandbreite vorhanden.

Wird ein Frame mit einem Datenpaket als „best effort“ in das TSN-Netzwerk 2 verschickt, so erfolgt das ohne Garantie, insbesondere ohne Zeitgarantie, sofern im TSN-Netzwerk 2 keine

20 Umwandlung in einen TSN-Stream erfolgt. Das betreffende Frame wird dann auch nach dem Eintreffen im TSN-Netzwerk 2 als Frame behandelt. Es werden also keine Garantien abgegeben, da keine entsprechenden Mechanismen konfiguriert sind. Das kann dazu führen, dass das Datenpaket mit unvorhersehbaren Verzögerungszeiten ankommt. Je mehr Bandbreite im TSN Netzwerk 2 für TSN-Streams S0, S1, S4 reserviert ist, desto weniger

25 Bandbreite bleibt für Frames womit die (Ethernet-)Frames ohne Umwandlung in TSN-Streams auch im TSN-Netzwerk 2 unvorhersehbare Verzögerungen erfahren oder sogar ganz verworfen werden können.

Fig. 3 zeigt einige Kommunikationsbeziehungen innerhalb des Mischnetzwerks 1. Auf der linken Seite ist das TSN-Netzwerk 2, hier in Form der TSN-Komponenten TSN-A, TSN-C

30 und TSN-F, beispielhaft ausgeführt als Feldgeräte, dargestellt. Auf der rechten Seite ist das Ethernet-Netzwerk 3 dargestellt, wobei hier beispielhaft nur die Ethernet-Komponente E1 betrachtet wird.

Es wird entsprechend Fig. 2 im TSN-Netzwerk 2 ein Datenpaket D0 als TSN-Stream S0 von der TSN-Komponente TSN-F an die TSN-Komponente TSN-C übertragen. Weiters wird ein

35 Datenpaket D4 als TSN-Stream S4 von der TSN-Komponente TSN-A über die TSN-Komponente TSN-F an die TSN-Komponente TSN-F übertragen.

Da für die TSN-Streams S0, S4 im TSN-Netzwerk 2 entsprechend Ressourcen freigehalten werden, können für die TSN-Streams S0, S4 Garantien, insbesondere zeitliche Garantien, abgegeben werden.

- Für die Bereitstellung einer Zeitgarantie können im Rahmen der Konfiguration künstliche
- 5 Zyklen z1, z2 mit einer Zykluszeit (von beispielsweise 10ms) eingeführt werden. In Fig. 3 sind zwei zeitliche Zyklen z1, z2 entlang der Zeitachse t dargestellt. Im TSN-Netzwerk 2 sind in jedem Zyklus z1, z2 einzelne Zeitfenster t0, t1, t2 vorgesehen. Das Zeitfenster t0 ist hier für den TSN-Stream S0 mit dem Datenpaket D0 vorgesehen. Das Zeitfenster t2 ist für den TSN-Stream S4 mit dem Datenpaket D4 vorgesehen. Das Zeitfenster t1 ist für den TSN-
- 10 Stream S1 vorgesehen und wird weiter unter behandelt. Es wird für die TSN-Streams S0, S1, S4 eine Zeitgarantie abgegeben, indem für die Kommunikationsverbindung zwischen den TSN-Komponenten TSN-F und TSN-C in jedem Zyklus z1, z2 ein exklusives Zeitfenster t0, t1, t2 für einen zugehörigen TSN-Stream S0, S1, S4 konfiguriert wird. Es wird somit im jeweiligen Zeitfenster t0, t1, t2 nur der reservierte TSN-Stream S0, S1, S4 weiterleitet.
- 15 Daraus kann ermittelt werden, wann der jeweilige TSN-Stream S0, S1, S4 samt beinhaltendem Datenpaket D0, D1, D4 empfangen wird, womit eine Zeitgarantie realisiert ist.

- Für den TSN-Stream S0 sind die Empfangszeitpunkte für die TSN-Komponente TSN-C im Zeitfenster t0 des jeweiligen Zyklus z1, z2 garantiert, wenn die TSN-Komponente TSN-F die vorgesehenen Sendezeitpunkte des TSN-Streams S0 einhalten kann. Sendet also die TSN-
- 20 Komponente TSN-F den TSN-Stream S0 zum vorgesehenen Sendezeitpunkt an die TSN-Komponente TSN-C, so wird der TSN-Stream S0 im gleichen Zeitfenster t0 des aktuellen Zyklus z1, z2 an die TSN-Komponente TSN-C gesendet. Es wird im TSN-Netzwerk 2 für den das Datenpaket D0 beinhaltenden TSN-Stream S0 auf der Kommunikationsverbindung zwischen der TSN-Komponente TSN-F und der TSN-Komponente TSN-C die entsprechende
- 25 Bandbreite freigehalten. Wird der Sendezeitpunkt für einen TSN-Stream S0 mit dem Datenpaket D0 eingehalten, so kommt dieser also immer im selben Zyklus z1, z2 an der TSN-Komponente TSN-C an.

- Es kann aufgrund eines Fehlers in einer oder einer falschen Konfiguration einer TSN-Komponente TSN-A, TSN-F, TSN-C, der Fall eintreten, dass der vorgesehene
- 30 Sendezeitpunkt für den TSN-Netzwerk 2 internen TSN-Stream S0 nicht eingehalten wird. Damit kann keine Garantie für einen Empfang im Zeitfenster t0 des aktuellen Zyklus z1 abgegeben werden. Kann jedoch zumindest die maximale Größe des im TSN-Stream S0 enthaltenen Datenpakets D0 eingehalten werden, so kann ein Zyklus als maximale Latenz garantiert werden. Es wird dabei das Datenpaket D0 bis zum Zeitfenster t0 des folgenden
- 35 Zyklus z2 gepuffert und dann in diesem Zeitfenster t0 verschickt. Es ist somit in diesem Fall keine Garantie für das Zeitfenster t0 im aktuellen Zyklus z1 möglich. Daher wird jedoch eine

Garantie für das Zeitfenster t_0 im nächsten Zyklus z_2 abgegeben. Gleiches gilt für den TSN-Stream S_4 mit dem Datenpaket D_4 .

Es wird nun von der Ethernet-Komponente E_1 ein Datenpaket D_1 in einem Frame F_1 an das TSN-Netzwerk 2 gesendet. Dabei wird der Frame F_1 von der TSN-Komponente TSN F als
 5 TSN-(Edge)-Bridge identifiziert und in einen TSN-Stream S_1 gewandelt. Das Datenpaket D_1 wird nach der Umwandlung des Frames F_1 in den TSN-Stream S_1 an die TSN-Komponente TSN-C gesendet. Durch diese Umwandlung kann auch für das von einer Ethernet-Komponente E_1 an eine TSN-Komponente TSN-C gesendete Datenpaket D_1 eine Garantie vergeben werden. Eine Zeitgarantie kann vergeben werden, indem für den TSN-Stream S_1
 10 in jedem Zyklus z_1, z_2 das Zeitfenster t_1 reserviert wird.

Kommt das Datenpaket D_1 ohne Verzögerung im TSN-Netzwerk 2 an und wird das zugehörige Frame F_1 in einen TSN-Stream S_1 gewandelt, so kann dieser im selben Zyklus z_1, z_2 im dafür vorgesehenen Zeitfenster t_1 übertragen werden. Mit der Umwandlung in einen TSN-Stream S_1 und der Konfiguration eines zugehörigen Zeitfensters t_1 wird also
 15 sichergestellt, dass das Datenpaket D_1 als TSN-Stream S_1 immer im Zeitfenster t_1 eines Zyklus z_1, z_2 an der TSN-Komponente TSN-C ankommt. Es wird damit verhindert, dass das Datenpaket D_1 durch zu umfangreichen Datenverkehr (z.B. von anderen TSN-Komponenten) verworfen wird.

Wie oben anhand der TSN-Streams D_0 und D_4 erwähnt kann für einen TSN-Netzwerk
 20 „internen“ TSN-Stream der Fall eintreten, dass ein Sendezeitpunkt nicht eingehalten wird. Dieser Fall tritt jedoch selten ein. Im Gegensatz dazu stammt das Datenpaket D_1 jedoch nicht aus dem TSN-Netzwerk 2, sondern aus dem umliegenden Ethernet-Netzwerk 3. Daher kann es (im Gegensatz zu den aus dem TSN-Netzwerk 2 stammenden TSN-Streams S_0, S_4) zu nicht vorhersehbaren Verzögerungen kommen, bevor der Frame F_1 mit dem
 25 Datenpaket D_1 das TSN-Netzwerk 2 erreicht, wie in Fig. 3 dargestellt. Das Datenpaket D_1 kann zwar in einen TSN-Stream S_1 gewandelt, jedoch nicht mehr im aktuellen Zyklus z_1 in das vorgesehene Zeitfenster t_1 eingeordnet werden. Es ist somit keine Garantie für das Zeitfenster t_1 im aktuellen Zyklus z_1 möglich. Daher wird jedoch eine Garantie für das Zeitfenster t_1 im nächsten Zyklus z_2 abgegeben. Vorteilhafterweise wird daher das
 30 Versenden von F_1 im Ethernet-Netzwerk 3 möglichst an den Anfang des Zyklus z_1, z_2 gelegt und das reservierte Zeitfenster t_1 im TSN-Netzwerk 2 möglichst ans Ende des Zyklus z_1, z_2 . Dadurch wird erreicht, dass ein hoher Anteil der Datenpakete D_0, D_4 noch innerhalb des gleichen Zyklus z_1, z_2 ihr Ziel erreicht.

Für den zweiten Zyklus z_2 wird durch den späteren Start des Frames F_1 an der Ethernet-Komponente E_1 ein Jitter angedeutet. Das bedeutet, dass der Frame F_1 im folgenden Zyklus
 35 noch später ankommt. Der Jitter entsteht durch einen nicht genauen Sendezeitpunkt an der

Ethernet-Komponente und individuelle Weiterleitungs-Verzögerungen (beispielsweise durch andere Frames) bei jeder Bridge entlang der Kommunikationsverbindung, über welche der Frame F1 geleitet wird. Es ist somit analog zum ersten Zyklus z1 auch im zweiten Zyklus z2 keine Garantie für das Zeitfenster t1 möglich, weshalb eine eine Garantie für das Zeitfenster
 5 t1 im folgenden Zyklus abgegeben wird (nicht mehr dargestellt).

Es kann der Fall eintreten, dass das Datenpaket D1 nicht mehr im aktuellen Zyklus z1, z2 in das TSN-Netzwerk 2 gelangt und zudem im darauf folgenden Zyklus zwei Datenpakete D1, das verzögerte und das aktuelle, ankommen und jeweils der zugehörige Frame F1 in einen TSN-Stream S1 gewandelt wird. Da das Zeitfenster t1 jedoch nur für ein Datenpaket D1
 10 dimensioniert ist, kann nur ein Datenpaket D1 an die TSN-Komponente TSN-C weitergeleitet werden. Das zweite Datenpaket D1 muss im Speicher der TSN-Bridge TSN-F bis auf einen folgenden Zyklus abwarten. Diese Verzögerung um einen Zyklus setzt sich somit immer weiter fort, da immer erst das „alte“ Datenpaket D1 im Speicher vor dem aktuellen Datenpaket D1 geschickt wird. Um hier Abhilfe zu schaffen, kann der Speicher im aktuellen
 15 Zyklus z1, z2 (oder auch alle paar Zyklen) geleert werden, beispielsweise indem über einen vorgegebenen Zeitraum alle Datenpakete D1 in Frames anstatt von TSN-Streams mit „best effort“ in das TSN-Netzwerk 2 versendet werden, oder der Speicher einfach gelöscht wird und das alte Frame damit verworfen wird. Bei größeren Mischnetzwerken 1, in welchen mehrere Datenpakete in einem Zeitfenster t1 geschickt werden kann das Zeitfenster um die
 20 Größe eines Datenpakets vergrößert werden, so dass pro Zyklus z1, z2 ein solcher Fehler korrigiert werden kann.

Würde im Mischnetzwerk 1 von einer weiteren (Ethernet-)Komponente Ey (nicht in den Figuren eingezeichnet), beispielsweise einem Drucker, während eines Zeitfensters t0, t1, t2 über die gleiche Kommunikationsverbindung ein weiteres Frame Fy (ohne Umwandlung in
 25 einen TSN-Stream) über die TSN-Komponente TSN-F an die TSN-Komponente TSN-C geschickt, so sorgt die Konfiguration des TSN-Netzwerks 2 dafür, dass das besagte weitere Frame Fy bis zum Ablauf der Zeitfenster t0, t1, t2 „aufgehalten“ wird und erst nach dem Ablaufen der Zeitfenster t0, t1, t2 weitergeleitet wird. Die jeweiligen Zeitfenster t0, t1, t2 sind somit jeweils exklusiv für einen TSN-Stream S0, S1, S4 reserviert, unabhängig davon, ob der
 30 TSN-Stream S0, S1, S4 überhaupt gesendet wird. Sind die Zeitfenster t0, t1, t2 wie in Fig. 3 dargestellt aneinandergereiht, so muss das von der weiteren Ethernet-Komponente Ey gesendete weitere Frame Fy warten, bis alle Zeitfenster t0, t1, t2 abgelaufen sind. Ist auf der Kommunikationsverbindung zwischen der TSN-Komponente TSN-F und der TSN-Komponente TSN-C jedoch für den weiteren Frame Fy genug Bandbreite vorhanden und
 35 gerade kein Zeitfenster t0, t1, t2 reserviert, dann wird der weitere Frame Fy sofort an die TSN-Komponente TSN-C weitergeleitet. Diese Weiterleitung erfolgt jedoch nicht garantiert, insbesondere wenn zusätzlicher Datenverkehr an der TSN-Komponente TSN-F auftritt.

Ein TSN-Stream S1 verwendet virtuelle Ethernet-Multicast-Empfänger-Adressen, welche im TSN-Netzwerk 2 richtig interpretiert werden, und kann somit im TSN-Netzwerk 2 an die jeweilige TSN-Komponente TSN-A, TSN-C, TSN-F als Empfänger geschickt werden. Es ist möglich, einen TSN-Stream S1 vom TSN-Netzwerk 2 in das Ethernet-Netzwerk 3 zu
 5 übermitteln, wobei im Ethernet-Netzwerk 3 bei Verwendung einer Multicast Adresse der TSN-Stream S1 an jede Ethernet-Komponente E1, E2, E3 geschickt würde. Dies ist üblicherweise nicht erwünscht, da zudem eine hohe Bandbreite beansprucht wird. Es könnte auch der Fall eintreten, dass eine Ethernet-Komponente E1, E2, E3 Multicast-Nachrichten gar nicht richtig empfangen kann. Ebenso kann der Fall eintreten, dass eine Ethernet-
 10 Komponente E1, E2, E3 alle Multicast-Nachrichten empfängt, und dann unter der Last „zusammenbricht“. Vorteilhafterweise wird daher der TSN-Stream S1 beim Verlassen des TSN-Netzwerks 2 in ein Frame F1 umgewandelt, wobei dessen TSN-Header durch einen Ethernet-Header ersetzt wird. Damit werden vorzugsweise lediglich die (Einzel-)Zieladresse und ein VLAN Tag entsprechend neu geschrieben. Der VLAN-Tag kann auch gelöscht
 15 werden, wenn er nicht anderweitig gebraucht wird.

Die dargestellte Ausgestaltung beschreibt die Verwendung eines TSN-Streams S1 für den permanenten, zyklischen Austausch eines Datenpakets D1. Es sind im TSN-Netzwerk 2 jedoch grundlegend auch andere, nicht-zyklische, Anwendungen von TSN-Streams, selbst temporäre TSN-Streams, möglich. Beispielsweise könnte zwischen einem TSN-Feldgerät
 20 und einem TSN-Drucker im Falle eines (größeren) Druckauftrags ein TSN-Stream mit einer Bandbreitengarantie kreiert werden, der danach wieder abgebaut wird. Wenn mehrere TSN-Streams auf einer TSN-Bridge aktiv sind, hält das TSN-Netzwerk 2 alle gegebenen Garantien gleichzeitig ein.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Übertragung eines, vorzugsweise zyklischen, Datenpakets (D1) von einer Ethernet-Komponente (E1, E2, E3), welche in einem Ethernet-Netzwerk (3) innerhalb
 5 eines Mischnetzwerks (1) angeordnet ist, an eine TSN-Komponente (TSN-C), die in einem nach den Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN konfigurierten Industriellen Kommunikationsnetzwerk (2) innerhalb des Mischnetzwerks (1) angeordnet ist, wobei für das Datenpaket (D1) zumindest eine in den Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN definierte Garantie vergeben wird, indem ein das Datenpaket (D1) beinhaltende Frame (F1)
 10 im nach den Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN konfigurierten Industriellen Kommunikationsnetzwerk (2) von einer TSN-Bridge (TSN-F) identifiziert, in einen das Datenpaket (D1) beinhaltende TSN-Stream (S1) umgewandelt und das Datenpaket (D1) im TSN-Stream (S1) an die TSN-Komponente (TSN-C) übermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Frame (F1) beim
 15 Eintreffen in das nach den Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN konfigurierten Industriellen Kommunikationsnetzwerk (2) von einer TSN-Edge-Bridge (TSN-F) identifiziert, in den TSN-Stream (S1) umgewandelt und an die TSN-Komponente (TSN-C) übermittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Identifikation
 20 des TSN-Streams (S1) nach dem Standard IEEE 802.1CB erfolgt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Umwandlung des Frames (F1) in den TSN-Stream (S1) ein Ethernet-Header des Frames (F1) durch einen TSN-Header ersetzt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ersetzen des
 25 Ethernet-Header des Frames (F1) durch den TSN-Header mittels einer Retagging-Funktion nach dem Standard IEEE 802.1Qci erfolgt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine minimale Bandbreite des TSN-Streams (S1) als Garantie vergeben wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine
 30 maximale Latenz des TSN-Streams (S1) als Garantie vergeben wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine definierte Burstfähigkeit des TSN-Streams (S1) als Garantie vergeben wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein definierter Empfangszeitpunkt des TSN-Streams (S1) als Garantie vergeben wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der TSN-Stream (S1) in einem vorgegebenen Zeitfenster (t1) zumindest eines Zyklus (z1, z2) an die TSN-Komponente (TSN-C) übermittelt wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** beim
 5 Übertragen eines Datenpakets (D1) von der im nach den Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN konfigurierten Industriellen Kommunikationsnetzwerk (2) befindlichen TSN-Komponente (TSN-C) an eine im Ethernet-Netzwerk (3), außerhalb des nach den Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN konfigurierten Industriellen Kommunikationsnetzwerk (2), befindliche Ethernet-Komponente (E1, E2) ein das Datenpaket (D1) beinhaltender TSN-
 10 Stream (S1) von einer TSN-Bridge (TSN-F) in ein das Datenpaket (D1) beinhaltenden Frame (F1) umgewandelt und das Datenpaket (D1) im Frame (F1) an die Ethernet-Komponente (E1, E2) übermittelt wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Umwandlung des TSN-Streams (S1) in den Frame (F1) der TSN-Header des TSN-Streams (S1) durch
 15 einen Ethernet-Header, vorzugsweise durch ein Retagging-Funktion nach dem Standard IEEE 802.1Qci, ersetzt wird.
13. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Umwandlung des TSN-Streams (S1) in den Frame (F1) der VLAN-Tag des TSN-Headers des TSN-Streams (S1) gelöscht wird.
- 20 14. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Umwandlung des TSN-Streams (S1) in den Frame (F1) der TSN-Header des TSN-Streams (S1) für den Frame (F1) weiterverwendet wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der TSN-Stream (S1) beim Verlassen des nach den Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1
 25 TSN konfigurierten Industriellen Kommunikationsnetzwerk (2) von einer TSN-Edge-Bridge (TSN-F) in das das Datenpaket (D1) beinhaltende Frame (F1) umgewandelt wird.

1/2

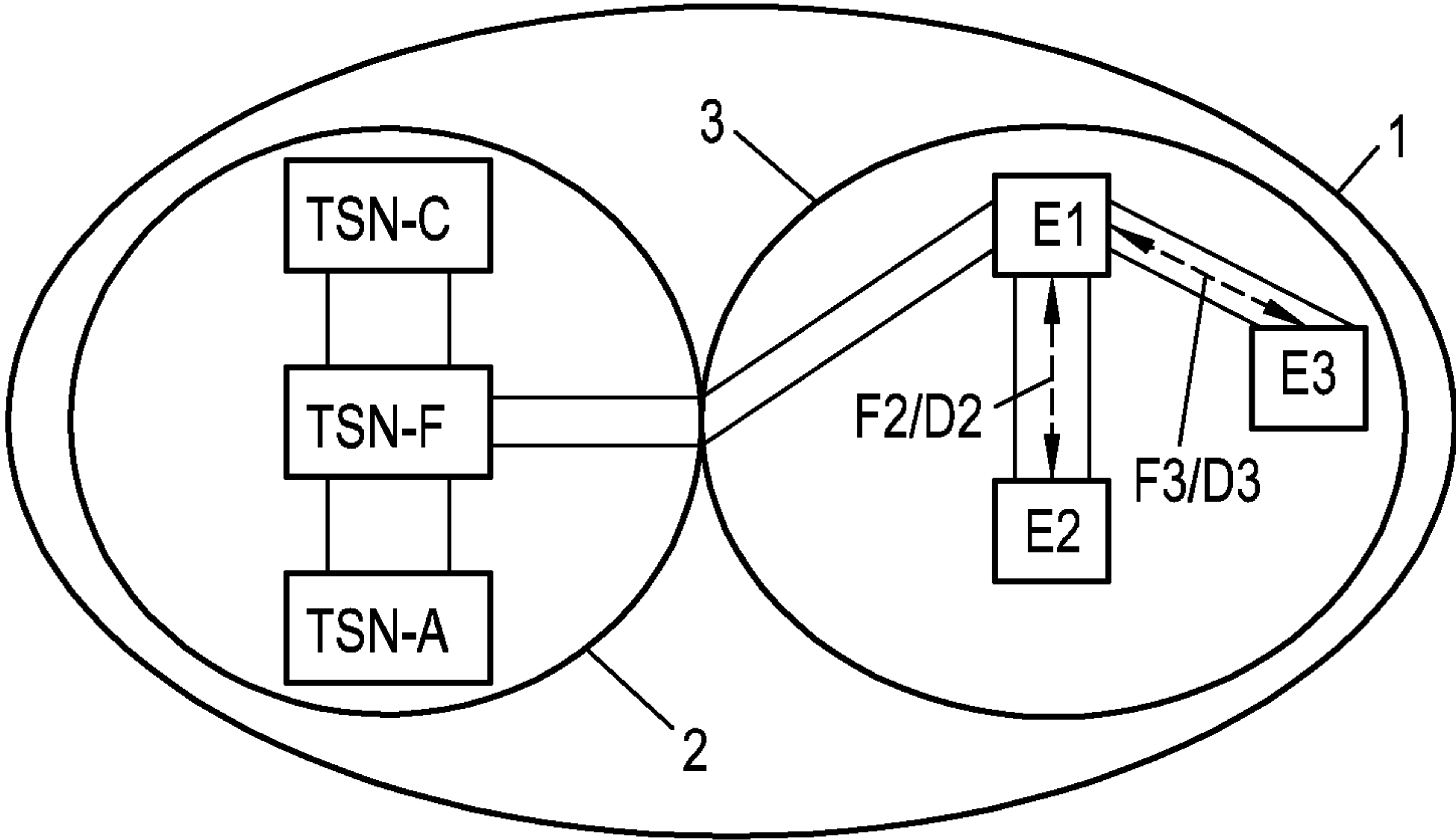


Fig. 1

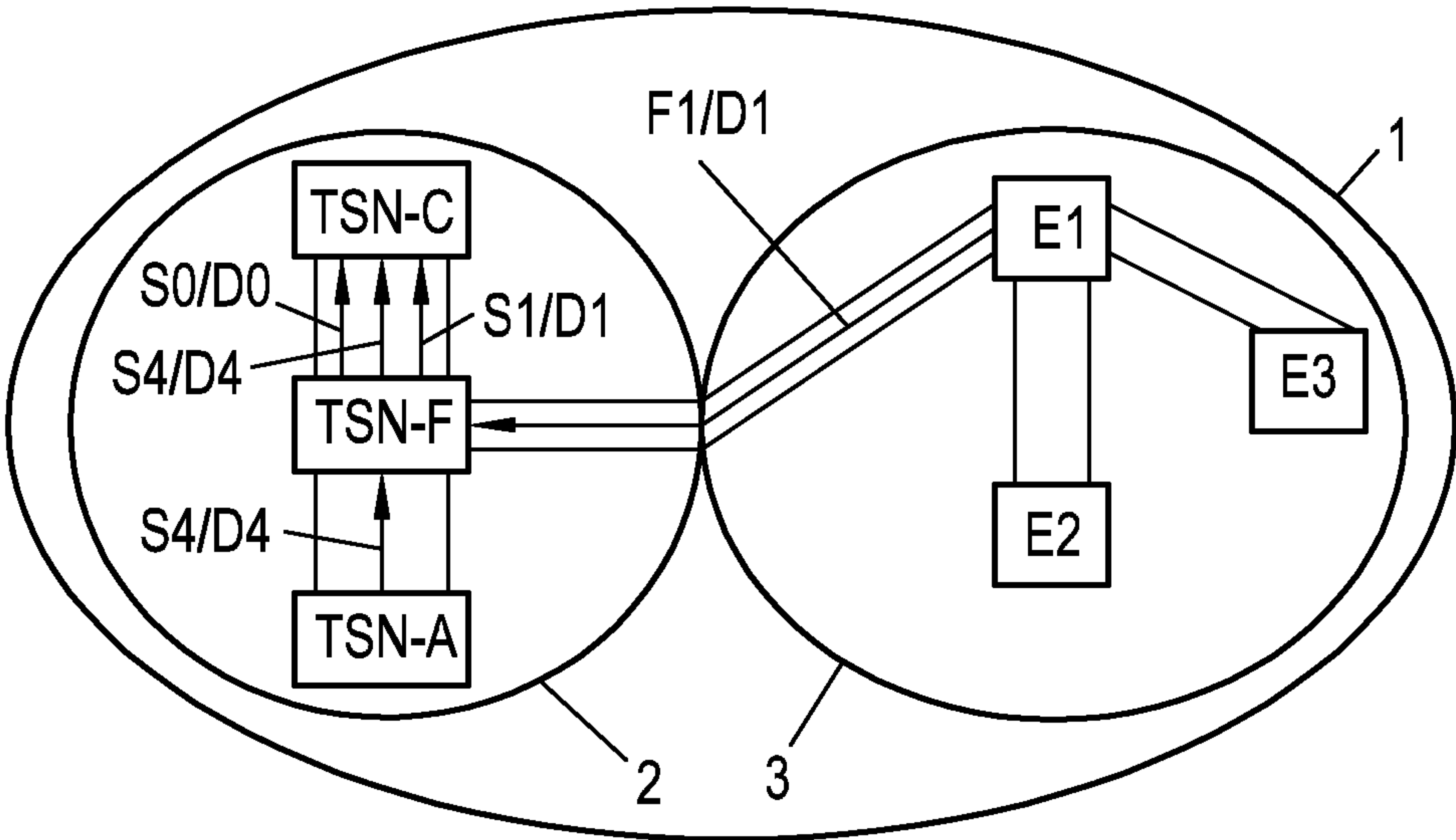


Fig. 2

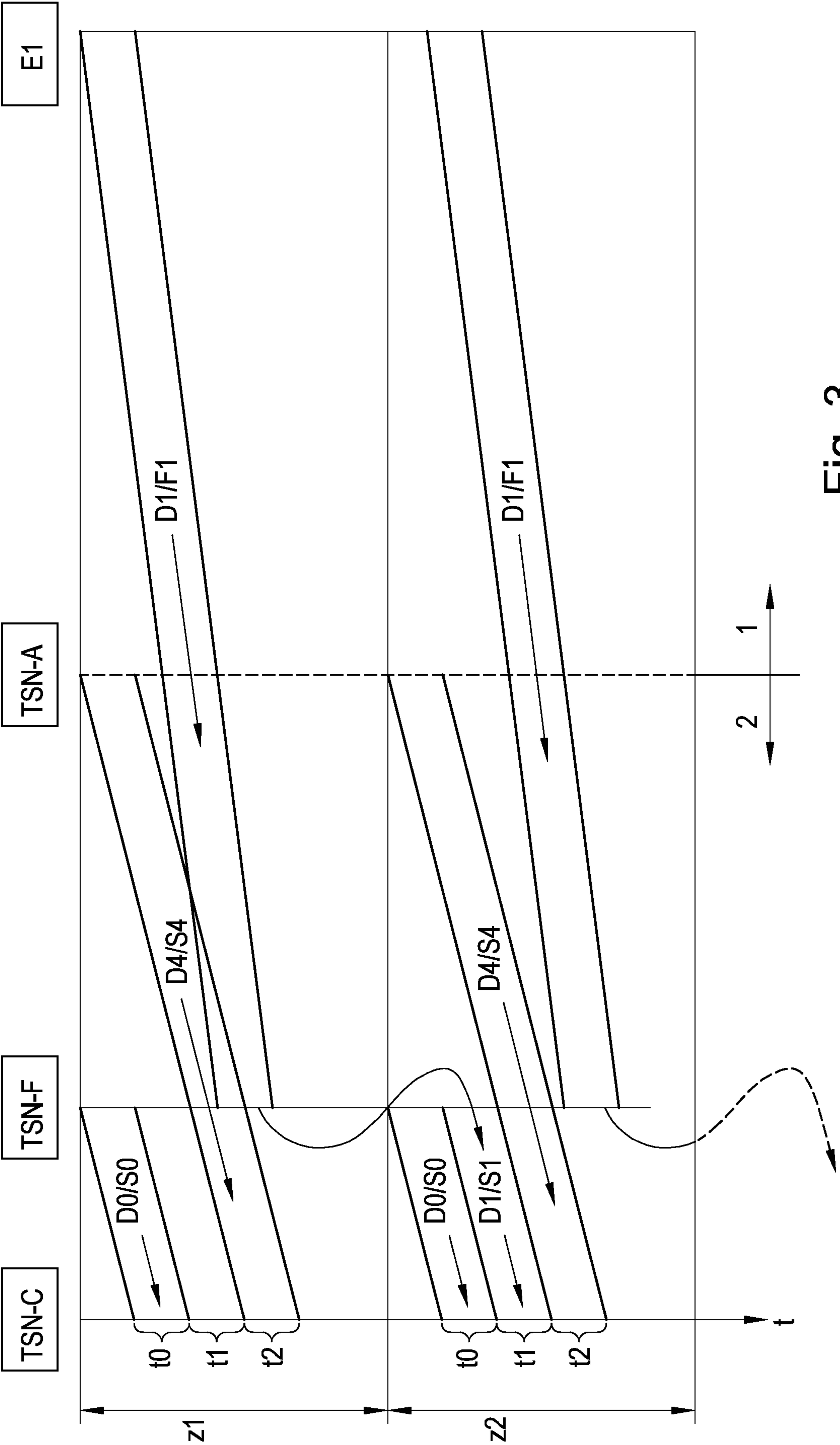


Fig. 3

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:

H04L 12/46 (2006.01); H04L 29/06 (2006.01); H04L 12/851 (2013.01); H04L 12/841 (2013.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:

H04L 12/46 (2013.01); H04L 29/06 (2013.01); H04L 47/24 (2017.08); H04L 47/28 (2013.01); H04L 47/2441 (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):

H04L

Konsultierte Online-Datenbank:

PATDEW, PATENW, XPI3E

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 27.08.2019 eingereichten Ansprüchen 1 - 15 erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	US 2018302331 A1 (BUSH STEPHEN FRANCIS [US]) 18. Oktober 2018 (18.10.2018) Absätze [0003] - [0005], [0008], [0044] - [0045]	1 - 15
X	US 2018302330 A1 (BUSH STEPHEN FRANCIS [US]) 18. Oktober 2018 (18.10.2018) Absätze [0003] - [0004], [0045]	1 - 15
X	US 2018237039 A1 (MONG TAB ROBERT [US], BUSH STEPHEN FRANCIS [US]) 23. August 2018 (23.08.2018) Absätze [0008] - [0010], [0212] - [0216]	1 - 15
X	Finn Huawei P Thubert Cisco B Varga J Farkas Ericsson N, 'Deterministic Networking Architecture', INTERNET-DRAFT: DetNet Internet Engineering Task Force IETF StandardWorkingDraft, Internet Society (ISOC), 2018-08-03, pages 1 - 41, XP015127972, Seite 30, letzter Absatz	1 - 15
A	EP 3522477 A1 (SIEMENS AG [DE]) 07. August 2019 (07.08.2019) Absätze [0056] - [0062]	1 - 15
A	EP 3499805 A1 (SIEMENS AG [DE]) 19. Juni 2019 (19.06.2019) Absätze [0003], [0020] - [0021], [0043]	1 - 15

Datum der Beendigung der Recherche:

15.04.2020

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

ENGLISCH Martin

*) Kategorien der angeführten Dokumente:

X Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.

Y Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

A Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.

P Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.

E Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).

& Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Übertragung eines, vorzugsweise zyklischen, Datenpakets (D1) von einer Ethernet-Komponente (E1, E2, E3), welche in einem Ethernet-Netzwerk (3) innerhalb eines Mischnetzwerks (1) angeordnet ist, an eine TSN-Komponente (TSN-C), die in einem nach den Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN konfigurierten Industriellen Kommunikationsnetzwerk (2) innerhalb des Mischnetzwerks (1) angeordnet ist, wobei für das Datenpaket (D1) zumindest eine in den Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN definierte Garantie vergeben wird, indem ein das Datenpaket (D1) beinhaltende Frame (F1) im nach den Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN konfigurierten Industriellen Kommunikationsnetzwerk (2) von einer TSN-Bridge (TSN-F) identifiziert, in einen das Datenpaket (D1) beinhaltende TSN-Stream (S1) umgewandelt und das Datenpaket (D1) im TSN-Stream (S1) an die TSN-Komponente (TSN-C) übermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Frame (F1) beim Eintreffen in das nach den Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN konfigurierten Industriellen Kommunikationsnetzwerk (2) von einer TSN-Edge-Bridge (TSN-F) identifiziert, in den TSN-Stream (S1) umgewandelt und an die TSN-Komponente (TSN-C) übermittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Identifikation des Frames (F1) nach dem Standard IEEE 802.1CB erfolgt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Umwandlung des Frames (F1) in den TSN-Stream (S1) ein Ethernet-Header des Frames (F1) durch einen TSN-Header ersetzt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ersetzen des Ethernet-Header des Frames (F1) durch den TSN-Header mittels einer Retagging-Funktion nach dem Standard IEEE 802.1Qci erfolgt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine minimale Bandbreite des TSN-Streams (S1) als Garantie vergeben wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine maximale Latenz des TSN-Streams (S1) als Garantie vergeben wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine definierte Burstfähigkeit des TSN-Streams (S1) als Garantie vergeben wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein definierter Empfangszeitpunkt des TSN-Streams (S1) als Garantie vergeben wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der TSN-Stream (S1) in einem vorgegebenen Zeitfenster (t1) zumindest eines Zyklus (z1, z2) an die TSN-Komponente (TSN-C) übermittelt wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** beim Übertragen eines Datenpakets (D1) von der im nach den Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN konfigurierten Industriellen Kommunikationsnetzwerk (2) befindlichen TSN-Komponente (TSN-C) an eine im Ethernet-Netzwerk (3), außerhalb des nach den Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN konfigurierten Industriellen Kommunikationsnetzwerk (2), befindliche Ethernet-Komponente (E1, E2) ein das Datenpaket (D1) beinhaltender TSN-Stream (S1) von einer TSN-Bridge (TSN-F) in ein das Datenpaket (D1) beinhaltenden Frame (F1) umgewandelt und das Datenpaket (D1) im Frame (F1) an die Ethernet-Komponente (E1, E2) übermittelt wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Umwandlung des TSN-Streams (S1) in den Frame (F1) der TSN-Header des TSN-Streams (S1) durch einen Ethernet-Header, vorzugsweise durch ein Retagging-Funktion nach dem Standard IEEE 802.1Qci, ersetzt wird.
13. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Umwandlung des TSN-Streams (S1) in den Frame (F1) der VLAN-Tag des TSN-Headers des TSN-Streams (S1) gelöscht wird.
14. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Umwandlung des TSN-Streams (S1) in den Frame (F1) der TSN-Header des TSN-Streams (S1) für den Frame (F1) weiterverwendet wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** der TSN-Stream (S1) beim Verlassen des nach den Standards der Arbeitsgruppe IEEE 802.1 TSN konfigurierten Industriellen Kommunikationsnetzwerk (2) von einer TSN-Edge-Bridge (TSN-F) in das das Datenpaket (D1) beinhaltende Frame (F1) umgewandelt wird.