

(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
28. März 2013 (28.03.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/041351 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G06F 11/16 (2006.01) B60R 16/023 (2006.01)
H04L 12/42 (2006.01) H04L 12/709 (2013.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/067110

(22) Internationales Anmeldedatum:
3. September 2012 (03.09.2012)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102011082969.5
19. September 2011 (19.09.2011) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ARMBRUSTER, Michael [DE/DE]; Seebrucker Straße 4, 81825 München (DE). FIEGE, Ludger [DE/DE]; Goethering 14, 85567 Grafing (DE). RIEDL, Johannes [DE/DE]; Bajuwarenstr. 17, 84030 Ergolding (DE). SCHMID, Thomas [DE/DE]; Friedenheimerstraße 77, 80686 München (DE).

ZIRKLER, Andreas [DE/DE]; Pelkoverstr. 7, 85635 Höhenkirchen (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

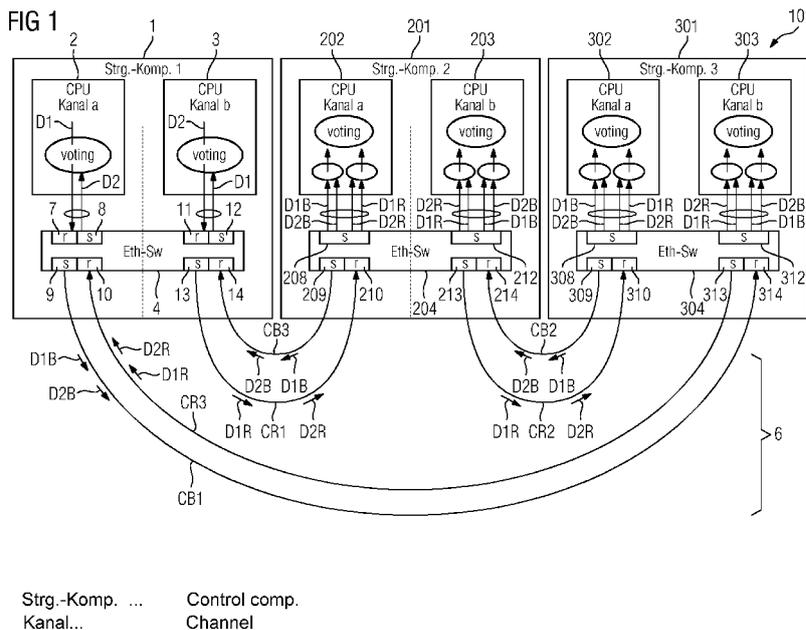
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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.

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

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR OPERATING A COMMUNICATION NETWORK, AND NETWORK ARRANGEMENT

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES KOMMUNIKATIONSNETZWERKES UND NETZWERKANORDNUNG



Strg.-Komp. ... Control comp.
Kanal... Channel

(57) Abstract: The invention relates to a method for operating a communication network (101), in particular an Ethernet network. Network devices (1) which are coupled to the network comprise a switch device (4), a first and a second control device (2, 3) which are coupled to the switch device (4), and the switch device (4) comprises for the first and the second control device (2, 3) a respective input port (10, 14) and emitter port (9, 13) for sending and receiving data via the communication network (6). Ring-shaped communication paths for data are provided so that redundant data can be transmitted in different directions and checked for consistency. An improved protection against failure and error analysis in the event of transmission errors are ensured by the ring-shaped structure using bidirectional communication paths. The invention further relates to a network arrangement (101) comprising several corresponding network devices (100, 200, 300) which operate according to the method.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(57) Zusammenfassung:

WO 2013/041351 A1



SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Es wird ein Verfahren zum Betreiben eines Kommunikationsnetzwerks (101), insbesondere eines Ethernet-Netzwerkes, vorgeschlagen. An dem Netzwerk angekoppelte Netzwerkeinrichtungen (1) haben eine Switch-Einrichtung (4), eine erste und eine zweite Steuereinrichtung (2, 3), welche an die Switch-Einrichtung (4) gekoppelt sind, und die Switch-Einrichtung (4) weist für die erste und die zweite Steuereinrichtung (2, 3) jeweils einen Empfangsport (10, 14) und einen Sendeport (9, 13) zum Senden und Empfangen von Daten über das Kommunikationsnetzwerk (6) auf. Es werden ringförmige Kommunikationspfade für Daten vorgesehen, sodass redundant Daten in unterschiedlicher Richtung übertragen werden und auf Konsistenz geprüft werden können. Durch die Ringstruktur unter Ausnutzung bidirektionaler Kommunikationspfade wird eine verbesserte Ausfallsicherheit und Fehleranalyse bei Übertragungsfehlern gewährleistet. Ferner wird eine Netzwerkanordnung (101) mit mehreren entsprechenden Netzwerkeinrichtungen (100, 200, 300) vorgeschlagen, die nach dem Verfahren arbeiten.

Beschreibung

Verfahren zum Betreiben eines Kommunikationsnetzwerkes und
Netzwerkanordnung

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Kommunikationsnetzwerkes und eine Netzwerkanordnung, welche mit dem vorgeschlagenen Verfahren arbeitet. Das Verfahren zum Betreiben kann insbesondere in einer Ethernet-
10 Umgebung zum Einsatz kommen.

Kommunikationsnetzwerke finden immer breitere Anwendung zum Messen, Steuern und Regeln komplexer technischer Systeme. Beispielsweise werden zunehmend Netzwerke in Kraftfahrzeugen
15 eingesetzt, um Fahrzeugsteuerungssysteme auszubilden. In entsprechenden komplexen und sicherheitsrelevanten technischen Systemen werden hohe Anforderungen an die Verfügbarkeit der als Netzwerkeinrichtungen vorgesehenen Steuerungselemente gestellt. Beim Ausfall von einzelnen Komponenten, wie beispielsweise Sensoren oder Steuereinrichtungen, darf dies
20 nicht zum Ausfall des Gesamtsystems führen. Besonders sicherheitsrelevant sind Drive-by-Wire-Systeme, bei denen elektromotorisch über eine Netzwerkkopplung von Sensor-, Steuer- und Aktoreinrichtungen die Lenkradstellung in Radpositionen umgesetzt wird.
25

In der Vergangenheit wurden redundante Ausführungen besonders kritischer Komponenten eingesetzt, so dass im Fehlerfall die jeweilige Backup oder redundante Komponente, die jeweilige
30 Aufgabe übernehmen kann. Bei mehreren redundanten Komponenten muss sichergestellt sein, dass nur eine der beiden oder mehreren Steuereinrichtungen, die jeweilige Steuerhoheit innehat. Außerdem dürfen nicht widersprüchliche Steuerungsbefehle für gleiche Steuerfunktionalitäten entstehen. Deshalb ist es
35 wünschenswert, dass alle Steuerungskomponenten über dieselben Informationen oder Daten in dem Netzwerk verfügen.

Insofern müssen Fehler in Form von inkonsistenten Daten, die beispielsweise bei einer Datenübertragung über das verwendete Netzwerk korrumpiert sein können, erkannt werden. Eine Standard-Netzwerkumgebung, die weit verbreitet ist, basiert auf dem Ethernet-Protokoll. Die Verwendung von Ethernet-
5 Infrastrukturen hat den Vorteil, dass standardisierte Netzwerkeinrichtungen und Verfahren zum Einsatz kommen können. In der Vergangenheit wurden jedoch auch proprietäre Datenbusse verwendet, um Steuerungskomponenten mit innerer Redundanz,
10 also doppelt ausgelegter Funktionalität, miteinander zu verknüpfen.

Beispielsweise ist in der DE 102 43 713 A1 eine redundante Steuergeräteanordnung offenbart. Dabei sind über einen Daten-
15 bus vernetzte Steuergeräte vorgesehen, die redundante Steuerfunktionen innehaben. Die redundanten Steuergeräte sind über Trennschalter an den Datenbus gekoppelt, so dass bei einer bestimmten Bewertungssituation die jeweilige Steuereinrichtung durchgeschaltet oder entkoppelt wird. Die
20 DE 102 43 713 A1 sieht dabei redundante Datenbussysteme vor, wobei redundante Steuerkomponenten in einer jeweiligen Netzwerkeinrichtung Original- und Backup-Daten, beispielsweise durch Bit-Inversion erzeugen, welche über die getrennten Bussysteme verschickt werden. Einen ähnlichen Ansatz verfolgt
25 die WO2006/002695 A1. Nach dem Stand der Technik wird insofern ein doppelt ausgeführtes Kommunikationssystem verwendet, bei dem von einem Teilnehmer eingespeiste Informationen von allen Teilnehmern empfangen werden. Nachteilig dabei ist die Verwendung von doppelt ausgeführten Datenbussen, wie Flex-Ray
30 oder CAN. Es wäre wünschenswert, bekannte oder Standard-Kommunikationsnetzwerk-Protokolle einzusetzen, wobei Fehler bei der Datenkommunikation rasch und zuverlässig erkannt werden können.

35 Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine verbessertes Verfahren und/oder eine Netzwerkanordnung bereitzustellen.

Demgemäß wird ein Verfahren zum Betreiben eines Kommunikationsnetzwerkes, an welches Netzwerkeinrichtungen gekoppelt sind, vorgeschlagen. Eine jeweilige Netzwerkeinrichtung umfasst eine Switch-Einrichtung, eine erste und eine zweite
5 Steuereinrichtung, welche an die Switch-Einrichtung gekoppelt ist. Die Switch-Einrichtung für die erste und die zweite Steuereinrichtung hat jeweils einen Empfangsport und einen Sendeport zum Senden und Empfangen von Daten über das Kommunikationsnetzwerk.

10

Das Verfahren umfasst:

Erzeugen von ersten Daten durch die erste Steuereinrichtung und zweiten Daten durch die zweite Steuereinrichtung, wobei die ersten Daten und die zweiten Daten durch eine vor-
15 gegebene Kodierung miteinander verknüpft sind;

15

Senden der ersten Daten von der ersten Steuereinrichtung über die Switch-Einrichtung an die zweite Steuereinrichtung und Senden der zweiten Daten von der zweiten Steuereinrichtung über die Switch-Einrichtung an die erste Steuereinrichtung;
20 tung;

20

Senden der ersten Daten und der zweiten Daten über einen ersten Kommunikationspfad von dem Sendeport der Switch-Einrichtung für die erste Steuereinrichtung zu dem Empfangsport der Switch-Einrichtung für die zweite Steuereinrichtung;
25 tung;

25

Senden der ersten Daten und der zweiten Daten über einen zweiten Kommunikationspfad von dem Sendeport der Switch-Einrichtung für die zweite Steuereinrichtung zu dem Empfangsport der Switch-Einrichtung für die erste Steuereinrichtung.
30

30

Dabei durchlaufen die Daten des ersten und des zweiten Kommunikationspfads dieselben Netzwerkeinrichtungen in entgegengesetzter Richtung.

35

Das Kommunikationsnetzwerk selbst kann eine Ethernet-Infrastruktur umfassen. Die Switch-Einrichtung kann auch als Bridge- oder Router-Einrichtung bezeichnet werden. Bei Netz-

werkeinrichtungen spricht man auch von Netzwerk-Knoten, Netzwerk-Komponenten oder Netzwerk-Elementen.

5 Als in den Netzwerkeinrichtungen vorgesehene Steuereinrichtungen kommen beispielsweise eine CPU, ein Mikroprozessor oder auch andere programmierbare Schaltkreise in Frage. Als Steuereinrichtung kann ferner eine Sensor- oder Aktoreinrichtung verstanden werden.

10 Das Kommunikationsnetzwerk oder Netzwerk-Protokoll sieht vorzugsweise Punkt-zu-Punkt-Verbindungen von einem Teilnehmer oder einer Netzwerkeinrichtung zu einer anderen vor. Dabei kann eine bidirektionale oder Duplex-Kommunikation möglich sein.

15 Die ersten und zweiten Daten, welche über eine vorgegebene Kodierung miteinander verknüpft sind, können beispielsweise durch eine Bit-Inversion erzeugt sein. Die vorgegebene Kodierung lässt eine Konsistenzprüfung der beiden Daten miteinander zu. Ist beispielsweise durch den Datentransfer über das Netzwerk eines der Daten(pakete) gestört, kann dies durch Vergleich mit dem jeweils anderen Daten(paket) unter Berücksichtigung der jeweiligen Kodierung erkannt werden.

25 Insbesondere bei Ethernet basierten Kommunikationsnetzwerken ist eine bidirektionale Kommunikation (sog. Duplex-Kommunikation) möglich. Insofern verläuft der erste Kommunikationspfad vom Sendeport der Switch-Einrichtung des ersten Steuergeräts zum Empfangsport der Switch-Einrichtung des
30 zweiten Steuergeräts, sowie der zweite Kommunikationspfad vom Sendeport der Switch-Einrichtung des zweiten Steuergeräts zum Empfangsport der Switch-Einrichtung des ersten Steuergeräts. Der erste Kommunikationspfad verläuft beispielsweise ringförmig über weitere Switch-Einrichtungen oder weitere Netzwerkeinrichtungen über das Kommunikationsnetzwerk. Der zweite
35 Kommunikationspfad durchläuft die Netzwerkeinrichtungen in entgegengesetzter Richtung. Insofern wird ein redundanter Versand und eine Prüfung der Funktionsfähigkeit aller betei-

ligten Netzwerkeinrichtungen möglich. Vorzugsweise werden die ersten und zweiten Daten von der ersten zur zweiten Steuerungseinrichtung oder umgekehrt ausschließlich über die Switch-Einrichtung innerhalb der Netzwerkeinrichtung geführt.

5

Das Verfahren zum Betreiben eines Kommunikationsnetzwerks, insbesondere auf Ethernet-Basis führt zu einer Ringstruktur, wobei die sich ergebenden Kommunikationsrichtungen des Ethernet-Rings verwendet werden. Im Fehlerfall einer der mit einer Steuerungseinheit verbundenen Switch-Einrichtung einer Netzwerkeinrichtung, kann dabei nur eine der Richtungen betroffen sein, so dass nach wie vor ein konsistentes Datum bzw. Daten übermittelt wird/werden. Durch Vergleich der auf unterschiedlichen Kommunikationspfaden versendeten Daten, die insbesondere über eine Kodierung miteinander verknüpft sind, lässt sich eine flexible und zuverlässige Fehleranalyse durchführen. Man kann einfach die Steuerungskomponenten oder Einrichtungen eruieren, welche zu einem Fehler geführt haben. Diese werden vorzugsweise passiviert oder ausgeschaltet.

10
15
20

Bei Ausführungsformen des Verfahrens umfasst dasselbe ferner:

Senden der ersten Daten und der zweiten Daten über den Sendeport der Switch-Einrichtung für die erste Steuereinrichtung an den Empfangsport der Switch-Einrichtung für die zweite Steuereinrichtung über mindestens eine weitere Switch-Einrichtung einer weiteren Netzwerkeinrichtung mit einer ersten und zweiten Steuereinrichtung; und

Senden der ersten Daten und der zweiten Daten über den Sendeport der Switch-Einrichtung für die zweite Steuereinrichtung an den Empfangsport der Switch-Einrichtung für die erste Steuereinrichtung über mindestens eine weitere Switch-Einrichtung einer weiteren Netzwerkeinrichtung mit einer ersten und zweiten Steuereinrichtung.

Dabei werden in einer jeweiligen weiteren Switch-Einrichtung an einem Empfangsport für die zweite Steuereinrichtung der weiteren Switch-Einrichtung empfangene Daten an einen Sendeport für die erste Steuereinrichtung der weiteren Switch-Einrichtung weitergeleitet. An einem Empfangsport für

die erste Steuereinrichtung der weiteren Switch-Einrichtung empfangene Daten werden an einen Sendeport für die zweite Steuereinrichtung der weiteren Switch-Einrichtung weitergeleitet.

5

Die unkodierten bzw. kodierten Daten werden somit von einem ersten Kanal, der von einer ersten Steuereinrichtung ausgeht, zu einem Kanal, welcher der zweiten Steuereinrichtung zugeordnet ist, versendet. Dies erfolgt auch umgekehrt, wodurch die sendende Steuerungskomponente feststellen kann, ob der jeweils andere Kanal, welcher der zweiten (redundanten) Steuereinrichtung zugeordnet ist, dasselbe Datenergebnis hat. Insofern kann festgestellt werden, ob der zugeordnete Ethernet-Switch bzw. die Switch-Einrichtung zuverlässig funktioniert. Wird erkannt, dass die der Steuereinrichtung zugeordnete Switch-Einrichtung fehlerhaft agiert, passiviert sich vorzugsweise die sendende Steuereinrichtung.

Das Verfahren kann ferner umfassen:

20 Vergleichen der ersten Daten mit den zweiten Daten in der ersten und/oder zweiten Steuereinrichtung zum Erzeugen eines Vergleichsergebnisses; und

 Passivieren der Netzwerkeinrichtung in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis.

25

Wird erkannt, dass die ersten und zweiten Daten nicht miteinander konsistent sind, das heißt, nicht durch die vorgegebene Kodierung miteinander verknüpft sind, lässt sich ein Fehler bei der Datenübertragung oder Erzeugung erkennen.

30

Das Verfahren kann außerdem umfassen:

 erneutes Senden der ersten und der zweiten Daten über den ersten und den zweiten Kommunikationspfad.

35 Falls beispielsweise Daten in einem Kommunikationszyklus von der sendenden Steuereinrichtung nicht wieder erkannt oder empfangen werden, kann durch mehrfaches Versenden und Überprüfen auf korrekt empfangene Daten auf eine im Kommunikati-

onspfad vorliegende fehlerhafte Netzwerk-Komponente geschlossen werden.

Bei dem Verfahren können ferner in einer weiteren Netzwerkeinrichtung die ersten Daten und die zweiten Daten an Eingangsports für unterschiedliche Steuereinrichtungen empfangen werden und die empfangenen Daten miteinander verglichen werden.

10 Vorzugsweise umfasst das Verfahren zum Betreiben der Netzwerkanordnung ferner das Anzeigen einer Fehlermeldung, falls verglichene erste Daten und zweite Daten nicht durch die vorgegebene Kodierung miteinander verknüpft sind.

15 Schließlich wird eine Netzwerkanordnung mit mehreren Netzwerkeinrichtung vorgeschlagen. Die Netzwerkeinrichtungen sind an ein Kommunikationsnetzwerk, insbesondere eine Ethernet-Infrastruktur, gekoppelt, und eine jeweilige Netzwerkeinrichtung umfasst eine Switch-Einrichtung, eine erste und eine
20 zweite Steuereinrichtung. Dabei ist die Switch-Einrichtung an die Steuereinrichtungen gekoppelt und die Switch-Einrichtung umfasst jeweils einen Empfangsport und einen Sendeport für die erste und zweite Steuereinrichtung zum Senden und Empfangen von Daten über das Kommunikationsnetzwerk. Die Netzwerkeinrichtungen sind eingerichtet, um ein Verfahren, wie zuvor
25 beschrieben, durchzuführen.

Die Netzwerkanordnung ist insbesondere Teil eines Fahrzeugs.

30 Die Netzwerkeinrichtungen können Sensoreinrichtungen oder Aktoreinrichtungen sein. Als Sensoreinrichtungen sind Drehzahlsensoren, Brems- oder Schaltsteuerungseinrichtungen denkbar. Es können auch Steuereinrichtungen eingesetzt sein, die beispielsweise ein Drive-by-Wire ermöglichen. Dabei werden beispielsweise Lenk- oder Beschleunigungsimpulse elektronisch
35 über das Netzwerk an entsprechende Aktoren übergeben, so dass die gewünschte Reaktion des Fahrzeugs einsetzt.

Insgesamt ergibt sich eine besonders zuverlässige Netzwerkanordnung, welche auch bei Störungen von Kommunikationskanälen sicher funktioniert. Die redundante ringförmige Kommunikationspfad-Einrichtung ermöglicht eine konsistente Steuergeräte-
5 kommunikation und aufwandsgünstige Fehleranalyse und Korrektur.

In Ausführungsformen der Netzwerkanordnung ist mindestens eine Netzwerkeinrichtung mit einer ersten und einer zweiten
10 Switch-Einrichtung ausgestattet, wobei die erste Switch-Einrichtung der ersten Steuereinrichtung zugeordnet ist und die zweite Switch-Einrichtung der zweiten Steuereinrichtung zugeordnet ist. Dabei umfassen die Switch-Einrichtungen jeweils mindestens zwei Ports, und die Switch-Einrichtungen
15 sind kommunikativ miteinander gekoppelt. Die Kopplung kann netzwerkeinrichtungsintern erfolgen oder aber mit Hilfe von Sende- und Eingangsports der Switch-Einrichtungen.

Bei weiteren Ausführungsformen der Netzwerkanordnung können
20 ferner Einfach-Netzwerkeinrichtungen mit jeweils einer Steuereinrichtung und einer Switch-Einrichtung in der Netzwerkanordnung vorgesehen sein. Einfach-Netzwerkeinrichtungen haben dabei keine redundante Steuereinrichtung und können für weniger sicherheitsrelevante Funktionen vorgesehen werden.

25 Die Netzwerkeinrichtungen sind vorzugsweise jeweils als einzelner FPGA, ASIC, IC Chip, oder fest verdrahteter Mikroschaltkreis ausgeführt.

30 Weiterhin wird ein Computerprogrammprodukt vorgeschlagen, welches auf einer oder mehrerer programmgesteuerten Einrichtung die Durchführung des wie oben erläuterten Verfahrens zum Betreiben einer Netzwerkanordnung veranlasst.

35 Ein Computerprogramm-Produkt wie ein Computerprogramm-Mittel kann beispielsweise als Speichermedium, wie Speicherkarte, USB-Stick, CD-ROM, DVD oder auch in Form einer herunterladbaren Datei von einem Server in einem Netzwerk bereitgestellt

oder geliefert werden. Dies kann zum Beispiel in einem drahtlosen Kommunikationsnetzwerk durch die Übertragung einer entsprechenden Datei mit dem Computerprogramm-Produkt oder dem Computerprogramm-Mittel erfolgen. Als programmgesteuerte Einrichtung kommt insbesondere eine wie vorbeschriebene Netzwerkeinrichtung in frage.

Weitere mögliche Implementierungen der Erfindung umfassen auch nicht explizit genannte Kombinationen von zuvor oder im Folgenden bezüglich der Ausführungsbeispiele beschriebenen Verfahrensschritte, Merkmale oder Ausführungsformen des Verfahrens, der Netzwerkanordnung, der Netzwerkeinrichtung oder eines Netzwerkknotens. Dabei wird der Fachmann auch Einzelaspekte als Verbesserungen oder Ergänzungen zu der jeweiligen Grundform der Erfindung hinzufügen oder abändern.

Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden.

Dabei zeigen:

25

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform einer Netzwerkanordnung;

30

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsform einer Netzwerkanordnung;

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer dritten Ausführungsform einer Netzwerkanordnung; und

35

Fig. 4-6 schematische Darstellungen der zweiten Ausführungsform der Netzwerkanordnung mit Kommunikationsabläufen zur Erläuterung von Verfahrensaspekten der Fehleranalyse.

In den Figuren sind gleiche oder funktionsgleiche Elemente mit denselben Bezugszeichen versehen worden, sofern nichts anderes angegeben ist.

5

In der Fig. 1 ist eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform einer Netzwerkanordnung dargestellt. Die Figuren dienen ferner, das Verfahren zum Betreiben der Netzwerkanordnung zu erläutern.

10

Die Fig. 1 zeigt eine Netzwerkanordnung 101, welche beispielsweise als Ethernet-Netzwerk in einem Fahrzeug eingesetzt werden kann. Dabei sind beispielhaft drei Netzwerkeinrichtungen 1, 201, 301 dargestellt. Es kann sich beispielsweise um Steuerungskomponenten handeln. Die Netzwerkeinrichtungen 1, 201, 301, welche im Folgenden auch als Netzwerk-Knoten oder Steuerungskomponenten bezeichnet werden, haben jeweils redundante Steuereinrichtungen 2, 3, 202, 203, 302, 303. Die Netzwerkeinrichtungen 1, 201, 301 können auch als Teilnehmer des Netzwerks bezeichnet werden.

20

Die Steuereinrichtungen 2, 3, 202, 203, 302, 303 sind angepasst, um bestimmte Aufgaben oder Funktionen zu vollziehen. Dies kann beispielsweise eine Sensorerfassung oder ein Aktor sein. Man kann sie auch als CPUs oder Mikroprozessoren implementieren. Denkbar ist zum Beispiel, dass die Steuerungskomponente 1 zum Erfassen eines Pedalstandes oder einer Lenkbewegung im Fahrzeug eingerichtet ist. Die Netzwerkeinrichtungen 1, 201, 301 haben jeweils eine interne Switch-Einrichtung 4, 204, 304. Dabei ist die jeweilige Steuereinrichtung 2, 3, 202, 203, 302, 303 an Sendepoints 8, 12, 208, 212, 308, 312 der jeweiligen Switch-Einrichtung, welche als Ethernet-Switch 4, 204, 304 ausgestaltet ist, gekoppelt.

25

30

35

Die jeweils redundanten Steuereinrichtungen 2, 3, 202, 203, 302, 303, welche auch als CPUs oder Prozessoren bezeichnet werden, können insofern Daten aus dem Netzwerk 6 über die jeweilige Switch-Einrichtungen 4, 204, 304 empfangen und aus-

werten. Zur Kopplung an die Netz-Infrastruktur bzw. das eigentliche Kommunikationsnetzwerk 6, sind die Switch-Einrichtungen 4, 204, 304 mit Sendepports 9, 13 209, 213, 309, 313 und Empfangsports 10, 14, 210, 214, 310, 314 ausgestattet.
5

Die Steuerungskomponente oder Netzwerkeinrichtung 1 umfasst eine Switch-Einrichtung 4 mit weiteren Empfangsports 7, 11, welche jeweils einer der CPUs 2, 3 zugeordnet ist. Es ist zum
10 Beispiel denkbar, dass die Steuerungskomponente bzw. Netzwerkeinrichtung 1 ein Steuersignal bzw. Steuerdaten an eine weitere Steuerungskomponente im Netzwerk sendet. Dabei ist insbesondere bei sicherheitsrelevanten Anwendungen in Kraftfahrzeugen, beispielsweise beim Drive-by-Wire zu gewährleisten,
15 dass die Steuerdaten an allen Netzwerk-Knoten konsistent vorliegen.

Bereits Netzwerk-Komponenten-intern erfolgt ein Abgleich der redundant erzeugten Steuerdaten D1 und D2. Die CPU 2 liefert
20 Daten D1 und die CPU 3 liefert Daten D2. Dabei sind die Daten über eine Kodierung miteinander verknüpft. Das heißt, die Daten D1 ergeben sich aus den Daten D2 und umgekehrt über eine mathematische Operation. Denkbar ist beispielsweise eine einfache Bit-Inversion, so dass die Daten D1 das Inverse der Daten
25 D2 und umgekehrt sind.

Über die Switch-Einrichtung 4 werden die Daten D1 von der CPU 2 an die CPU 3 übermittelt. Dies erfolgt durch eine Übergabe der Daten D1 an den Empfangsport 7 der Switch-Einrichtung 4,
30 welche die Daten über den Sendeport 12 an die CPU 3 leitet. Genauso werden die Daten D2 von der CPU 3 an den zugeordneten Empfangsport 11 übergeben, und die Switch-Einrichtung 4 leitet die Daten über den Sendeport 8 an die CPU 2 weiter. Es kann nun durch Vergleich der Daten D1 und D2 miteinander
35 jeweils in der CPU 2 und in der CPU 3 ein Konsistenzcheck stattfinden. Sofern die Daten miteinander konsistent sind, das heißt, modulo der vorgegebenen Kodierung - beispielsweise eine Bit-Inversion - übereinstimmen, kann davon ausgegangen

werden, dass der Datenempfang über die Ports 7 und 11, die Datensendung über die Ports 8 und 12, die Switch-Einrichtung 4 für den Datenaustausch zwischen eben diesen Ports, sowie auch die CPUs 2, 3 korrekt funktionieren. Liefert das Vergleichsergebnis hingegen eine Inkonsistenz der Daten D1 und D2 miteinander, deutet dies auf einen Fehler der CPUs 2, 3 oder der Switch-Einrichtung hin, worauf eine mögliche Reaktion zur Datenkonsistenzsicherung die Passivierung - d.h. Deaktivierung - der Steuerungskomponente 1 ist.

10

Die Netzwerkanordnung 101 ist ferner für ringförmige Kommunikationspfade ausgelegt. Durch die insbesondere bei einer Ethernet-Infrastruktur vorliegende Möglichkeit von Punkt-zu-Punkt-Verbindungen der Teilnehmer oder Netzwerkeinrichtungen untereinander, können zwei voneinander getrennte Kommunikationsringe entstehen, die sich nur die jeweiligen Switch-Einrichtungen teilen, dort aber empfangs- und sendeseitig keine gemeinsamen Ports verwenden. In dem Ausführungsbeispiel der Fig. 1 ergibt sich ein erster Kommunikationspfad, der aus den Segmenten CB1, CB2 und CB3 zusammengesetzt ist. Über diese Segmente CB1, CB2 und CB3 laufen die Daten D1 und D2, was mit Hilfe der Pfeile D1B und D2B angedeutet ist. Dabei steht der Zusatz B für den Kommunikationspfad B.

15

20

25

Ferner verläuft in entgegengesetzter Kommunikationsrichtung ein Kommunikationspfad, der aus den Segmenten CR1, CR2 und CR3 zusammengesetzt ist. Über diesen Pfad werden ebenfalls die Daten D1 und D2 gesendet, was durch die Pfeile D2R und D1R angedeutet ist. Dabei steht der Zusatz R für den Kommunikationspfad R.

30

35

Die Daten D1 und D2 werden somit über disjunkte Kommunikationspfade an alle im Netzwerk vorliegenden Steuerungskomponenten 201, 301 übermittelt. Jede CPU 202, 203, 302, 303 erhält die kodierten sowie unkodierten Daten D1, D2 über unterschiedliche Kommunikationspfade, nämlich die beiden Ringe mit entgegengesetzter Kommunikationsrichtung. Jede CPU 202, 203,

302, 303 vergleicht die empfangenen Werte für die Daten D1, D2 über einen Kommunikationsweg oder -pfad.

Beispielsweise erhält die CPU 303 über den Kommunikationspfad
5 CB1 die Daten D1B und D2B. Diese werden am Eingangsport 314 der Switch-Einrichtung 304 angenommen. An dem Sendeport 312 übergibt die Switch-Einrichtung 304 die Daten D1B und D2B, welche am Eingangsport 314 empfangen wurden, an die CPU 303 weiter. Dort kann ein Vergleich der Daten D1B und D2B erfol-
10 gen. Sind diese miteinander konsistent, spricht dies für einen fehlerfreien Kommunikationspfad CB1.

Die CPU 303 erhält ferner über den zweiten Kommunikations-
pfad, der sich aus den Segmenten CR1 und CR2 ergibt, die Da-
15 ten D1R und D2R. Die Daten D1R und D2R werden von der Switch-Einrichtung 304 am Empfangsport 310 empfangen und an den Sendeport 312, welcher der CPU 303 zugeordnet ist, ausgegeben. Es kann erneut eine Konsistenzprüfung erfolgen. Darüber hin-
20 aus kann die CPU 303 nun einen Vergleich oder Voting der über den Ringpfad CB1 erhaltenen Daten sowie über den Ringpfad CR1 und CR2 erhaltenen Daten durchführen. Im ungestörten Fall sind sowohl die Daten D1R und D2R miteinander konsistent, so-
wie die Daten D1B und D2B, sowie die über CB1 und über CR1-
25 CR2 empfangenen und einzeln als bereits konsistent festgestellten Daten. Daraus ergibt sich, dass die zu Grunde liegenden Daten D1 und D2, welche von der CPU 2 bzw. 3 erzeugt wurden, korrekt sind. Treten bei den Vergleichen oder den Vo-
tings der über CB1 und über CR1-CR2 empfangenen und einzeln als bereits konsistent festgestellten Daten in der Steue-
30 rungskomponente 3 bzw. den CPUs 302, 303 Inkonsistenzen auf, kann auf einen Kommunikationsfehler geschlossen werden.

Ähnliche Konsistenzprüfungen erfolgen in der Steuerungskompo-
nente 201 bzw. den CPUs oder Steuereinrichtungen 202, 203.
35 Falls eine der beteiligten Switch-Einrichtungen 4, 204, 304 fehlerhaft arbeiten sollte oder ausfällt, kann ein entsprechender Netzwerkfehler erkannt werden, wenn die Daten D1, D2 wiederholt gesendet werden. In der Regel werden mehrere Kom-

munikationszyklen mit unterschiedlichen Daten unterschiedlicher Steuereinrichtungen auf dem Netzwerk 6 verschickt. Auf Grund anderer Daten, die in der Fig. 1 nicht dargestellt sind, können die jeweiligen Steuerungskomponenten 201, 301
5 feststellen, ob ihr eigener Switch 204, 304 defekt ist oder nicht. Insofern können verschiedene Fehlerszenarien erkannt und behandelt werden.

Durch die disjunkten Datenpfade CB1, CB2, CB3 und CR1, CR2,
10 CR3, treten Fehler bei der Übertragung nur unabhängig voneinander auf. Durch die Ausgestaltung als Ethernet-Ring der Netzwerk-Knoten oder Komponenten 1, 201, 301, ist eine weitestgehend konsistente Kommunikation von Steuergeräten, die insbesondere redundante Steuereinrichtungen 2, 3 haben, ge-
15 währleistet.

In der Fig. 2 ist eine schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsform einer Netzwerkanordnung 110, welche sich auch zur Durchführung des vorgeschlagenen Verfahrens eignet, dar-
20 gestellt.

Die Fig. 2 zeigt im Wesentlichen dieselben Elemente wie sie in Bezug auf die Fig. 1 angesprochen wurden. Allerdings sind die Steuerungskomponenten bzw. Netzwerk-Knoten oder Netzwerkeinrichtungen 100, 200, 300 mit redundanten Ethernet-Switch-Einrichtungen 4, 5, 204, 205, 304, 305 ausgestattet. Dadurch lässt sich eine zusätzliche Verlässlichkeit in der Datenkommunikation erzielen.

30 Beispielsweise umfasst die Netzwerkeinrichtung 100 eine CPU 2 und eine zugeordnete Ethernet-Switch-Einrichtung 4. Die Ethernet-Switch-Einrichtung 4 hat einen Empfangsport 7 und einen Sendeport 8, welche mit der CPU 2 kommunikativ gekoppelt sind. Ein weiterer Sendeport 9 und Empfangsport 10 sind
35 an das Netzwerk 6 zum Senden und Empfangen von Daten gekoppelt. Ähnlich hat die CPU 3 eine Ethernet-Switch-Einrichtung 5, die einen Empfangsport 11 und einen Sendeport 12 zum Kopeln an die CPU 3 hat. Die Ethernet-Switch-Einrichtung 5 hat

ferner einen Sendeport 13 und Empfangsport 14 zum Ankoppeln an das Netzwerk 6. Darüber hinaus sind Sendeport und Empfangsport 15, 16, 17, 18 an den Ethernet-Switches 4, 5 vorgesehen, um eine Kopplung der beiden Switch-Einrichtungen 4, 5 untereinander vorzunehmen. Die beiden Switch-Einrichtungen 4, 5 sind dabei getrennt, beispielsweise als FPGA oder ASIC oder Mikrochip gefertigt.

Ein interner Konsistenzcheck in der Steuerungskomponente 100 erfolgt durch Erzeugen der Daten D1, Übergabe an den Ethernet-Switch 4 am Port 7 und die Weiterleitung über die Portkombination 16, 17 an den Ethernet-Switch 5, welcher die Daten D1 an die CPU 3 liefert. Analog werden die Daten D2 über die Ports 11, 18, 15 und 8 an die CPU 2 übermittelt. Insofern kann ein interner Konsistenzcheck durch die konsistente Kodierung der Daten D1 und D2 miteinander erfolgen.

Analog haben die Steuerungskomponenten 200 und 300 voneinander getrennte Switch-Einrichtungen 204, 205, 304, 305. Die zwischen den beiden Switches 204, 205 bzw. 304, 305 übertragenen Daten sind in der Fig. 2 nicht mit Bezugszeichen versehen. Von oben nach unten werden jeweils vom Port 218 zum Port 207 Daten D2B und D1B übertragen. Vom Port 216 zum Port 211 werden die Daten D1R und D2R übertragen. Genauso werden vom Port 307 Daten vom Port 318 empfangen, die D2B und D1B entsprechen. Vom Port 311 werden Daten vom Port 316 empfangen, die D1R und D2R entsprechen.

Wie bereits im Hinblick auf die Ausführungsform, welche in der Fig. 1 dargestellt ist, erläutert wurde, erfolgt in den Steuerungskomponenten 200, 300 bzw. den internen CPUs 202, 203, 302, 303 ein Vergleich der empfangenen Daten D1R und D2R bzw. D1B und D2B. Ein anschließend als Voting bezeichnete Prüfen ermöglicht, wie bereits zur Fig. 1 erläutert wurde, eine detaillierte und zuverlässige Fehleranalyse und gegebenenfalls ein Passivieren von fehlerhaft arbeitenden Netzwerk-Komponenten.

Falls beispielsweise in der Steuerungskomponente 100 die Switch-Einrichtung 4 komplett ausfällt, können über den Kommunikationspfad CB1 keine Daten mehr übertragen werden. Über den entgegengesetzten Kommunikationspfad CR werden dann nur
5 noch die kodierten Dateninformationen D2 empfangen, da die Originaldaten D1 nicht mehr von der Switch-Einrichtung 4 zum Kanal b bzw. der Switch-Einrichtung 305 gelangen. Anhand dieses Fehlerbildes können die Empfangs-CPU's folgern, dass der Sender, in dem Fall die Steuerungskomponente 1, fehlerhaft
10 ist.

Falls hingegen ein Empfänger-Switch, beispielsweise die Switch-Einrichtung 204 in der Steuerungskomponente 200, ausfällt, erhält die CPU 202 im Kanal a nichts mehr, im Kanal b
15 jedoch alle Daten über CB1 und CB2 vollständig. Aus diesem Fehlerbild kann die Steuerungskomponente 200 folgern, dass sie selbst defekt ist und wird abgeschaltet.

Die Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung einer dritten Ausführungsform einer Netzwerkanordnung 150. Dabei ist eine Erweiterung zur Anbindung von Sensoren und Aktoren in dem Netzwerk angedeutet. Man erkennt in der Fig. 3, dass wiederum eine ringförmige Ausführung der Ethernet-Infrastruktur vorgesehen ist. Dabei sind Netzwerkeinrichtungen 100, 200, 500,
25 605, 600 vorgesehen, die ähnlich aufgebaut sind, wie sie in der Fig. 2 dargestellt sind.

Es sind ferner Einfach-Netzwerk-Komponenten 400 vorgesehen, die keine redundanten Switches oder CPU's aufweisen. Diese
30 sind als Simplex mit dem Bezugszeichen 400 versehen.

Darüber hinaus sind Ethernet-Switch-Einrichtungen 404 in der Netzwerkanordnung 150 vorgesehen.

35 In einer Fahrzeuganwendung sind beispielsweise Bremsaktoren (BbB) oder Steer-by-Wire-Aktoren (SbW) redundant vorgesehen. In der Darstellung der Fig. 3 sind die entsprechenden Aktoren 500, 600, 605, 505 jeweils mit „blau“ oder „rot“ beschriftet.

Beispielsweise ist die Steuerungskomponente 100 aktiv, um die SbW-Komponente 505 mit Steuerdaten zu versorgen.

Durch die doppelringförmige Anordnung, wobei die beiden Einzelringe an zwei unterschiedlichen Stellen mittels Ethernet-Switch-Einrichtungen miteinander verbunden sind, ergeben sich zwei disjunkte Datenbusse, welche in unterschiedlicher Richtung im Netzwerk-Ring Kommunikation betreiben. Dies ist durch die Pfeile an den Kommunikationspfad-Segmenten angedeutet. Es ergeben sich Datenpakete DG, die von der Steuerungskomponente 1 zum Ethernet-Switch 404 zum BbW-blau 500 über den Ethernet-Switch 404 dem BbW-blau 500 über den Simplex zum SbW-blau 505 gelangen. Redundante Datenpakete DB gelangen von der Steuerungskomponente 100 über die Steuerungskomponente 200 zum Ethernet-Switch 404 über den Simplex 400 über die SbW-rot 605 und BbW-rot 600 und Simplex 400 zum BbW-rot 600 und schließlich zur SbW-blau 505. Mit DGA bzw. DBA sind die rückläufigen Datenpakete bezeichnet.

Bei der in der Fig. 3 dargestellten Konfiguration der Netzwerkanordnung 150 sind die Aktoren 505, 605 über redundant ausgeführte Ethernet-Switches 404 in der Art eines äußeren Rings an eine Ringstruktur aus den Steuerungskomponenten 100, 200 und den Ethernet-Switches 404 angebunden. Die jeweiligen Steuerbefehle oder Daten werden sowohl kodiert wie auch unkodiert über die Richtung des Kommunikationspfades DG bzw. DGA (nach links herum) versendet, sowie über den zweiten Kommunikationspfad DB bzw. DBA (nach rechts herum) verschickt. Innerhalb der Steer-by-Wire-Steuerungskomponente 505 erfolgt ein Vergleich und anschließendes Voting, wie es bezüglich der Fig. 1 und 2 erläutert wurde. Es kann somit zuverlässig erkannt werden, ob die Steuerungsbefehle bzw. Daten von der Steuerungskomponente 1 richtig sind.

Die Steuerungskomponente SbW-blau 505 antwortet ebenfalls über beide Kommunikationspfade bzw. Richtungen mit Daten DGA und DBA. Es ist möglich, alle im Netzwerk vorliegende Aktoren über zwei Kommunikationspfade von jeder Steuerungskomponente

aus zu erreichen. Der Ausfall einer der Komponenten in den Teilnetzwerken DG/DGA oder DB/DBA kann nicht zum Ausfall der gesamten Kommunikation führen, da die Pakete DG/DGA und DB/DBA keine gemeinsamen Netzwerk-Komponenten nutzen.

5

Die Einfach-Netzwerkeinrichtungen 400 sind beispielsweise Aktoren, die keine inneren Redundanzen aufweisen, da die jeweilige Funktion unkritisch ist. Es ist möglich, dass Einfach-Netzwerkeinrichtungen 400 über Stichleitungen mit Ethernet-Switches 404 an die Ringstruktur gekoppelt sind. Dies ist in der Fig. 3 beispielsweise auf der linken Seite für die Einfach-Netzwerkeinrichtung 400, welche mit Simplex 1 und Simplex 2 bezeichnet ist, dargestellt. Insofern ist auch eine Kombination der Ringstruktur mit Ethernet-Stichleitungen im Kraftfahrzeug möglich.

Insgesamt erhält man durch die Kombination von Ethernet-Ringstrukturen mit kodierter Kommunikation, das heißt, Erzeugen von Daten, die über eine vorgegebene Kodierung miteinander verknüpft sind, eine doppelt ausgeführte Kommunikations-Topologie ohne dezidierte doppelte Infrastrukturen wie Kabel oder Leitungen, einsetzen zu müssen. Fehler in sendenden oder empfangenden Steuerungskomponenten können ausreichend schnell und zuverlässig erkannt werden. Insgesamt kann mit dem vorgeschlagenen Verfahren und den Netzwerkanordnungen eine gute Datenkonsistenz im Gesamtsystem erzielt werden.

In den Fig. 4, 5 und 6 sind Fehlerszenarien für die Netzwerkanordnung, wie sie in der Fig. 2 dargestellt ist, näher erläutert. Dabei sind einige Pfeile, welche für die Datenübertragung zwischen verschiedenen Elementen stehen, mit in Kreis gestellten Ziffern (1) bis (4) markiert.

Es wird in Fig. 4 insbesondere die Steuerungskomponente 100 mit ihrer CPU 2 und 3 sowie den Switch-Einrichtungen 4 und 5 betrachtet und ein Fehler in der Switch-Einrichtung 5 angenommen. Man erkennt, dass bei Fehlern der Datenübertragung im Hinblick auf die Pfeile (1), (2), (3), (4) dennoch keine In-

konsistenz der Daten auftritt. Sofern einer der mit (1) - (4) markierten Pfeile bzw. die entsprechenden übertragenen Daten fehlerhaft ist, wird die Konsistenzüberprüfung in der CPU 2 oder 3 fehlschlagen. Das bedeutet, die Steuerungskomponente 100 wird deaktiviert oder passiviert. Dies führt dazu, dass die Steuerungskomponente 100 keine Daten mehr versendet, was auch von den übrigen Steuerungskomponenten 200, 300 im Netzwerk bzw. der Netzwerkanordnung 110 entsprechend registriert wird.

10

Für den Fall, dass alle mit (1) - (4) markierten Pfeile bzw. Kommunikationspfade fehlerfrei sind, muss geschlossen werden, dass die Switch-Einrichtung 5 intern fehlerhaft ist. Die übrigen Komponenten des Systems 110 kann man dann als fehlerfrei annehmen (die Wahrscheinlichkeit für unabhängige Doppelfehler wird als verschwindend gering erachtet, so dass unabhängige Doppelfehler in diesem Zusammenhang nicht betrachtet werden müssen). Das heißt, man geht davon aus, dass die CPU 2, 3 und der Switch 4 fehlerfrei arbeiten. Das bedeutet, die über den Kommunikationspfad bzw. das Kommunikationssegment CB1 übermittelten Daten D1B und D2B, werden korrekt zu den Steuerungskomponenten 200 und 300 übermittelt. Insofern verbleibt die Steuerungskomponente 100 trotz der Störung des Ethernet-Switches 5 funktionstüchtig und kann von den übrigen Steuerungskomponenten 200, 300 entsprechend registriert werden. Trotz des angedeuteten Fehlers in der Switch-Komponente 5 sind alle Daten konsistent im Netzwerk abrufbar und liegen konsistent in den Netzwerkeinrichtungen 100, 200, 300 vor.

30

Die Fig. 5 zeigt eine weitere Fehlersituation in der Switch-Einrichtung 204, wobei die betrachteten Kommunikationspfade wiederum mit in Kreisen gesetzten Ziffern (1) - (6) markiert sind. Falls die Daten D1B und D2B an der Stelle (1) korrekt sind, sind auch die entsprechenden Daten D1B, D2B an der Stelle (2) und (3) richtig. Dasselbe gilt für die Pfeile an den Stellen (4) und (5): D1B und D2B an den Ports 308 und 312 sind konsistent. Das bedeutet, beide Kanäle (Kanal a und Kanal b) in der Steuerungskomponente 200 sowie in der Steue-

35

rungskomponente 300 erkennen konsistente Statusinformationen von der Steuerungskomponente 100. Das heißt, die Steuerungskomponente 100 wird korrekterweise als voll funktionsfähig bewertet und in den CPUs 202, 203, 302, 303 liegen konsisten-

5 te Daten von Steuerungskomponente 100 vor.

Wenn eines der Daten D1B oder D2B an der Stelle (1) fehlerhaft ist, ergeben sich folgende Szenarien:

- 10 Sofern an der Stelle (6) die Daten D1R, D2R inkonsistent sind, erkennt die CPU 202, dass von der Steuerungskomponente 100 keine konsistenten Statusinformationen bzw. Daten erhalten werden. Insofern wird auf einen Fehler in der Steuerungskomponente 200 geschlossen, da CPU 203 konsistente Daten D1B
- 15 und D2B erhält: Die Steuerungskomponente 200 passiviert sich. Die Steuerungskomponente 300 hingegen ist weiterhin voll funktionsfähig und erhält konsistente Statusinformationen von der Steuerungskomponente 100 zugesendet.
- 20 In dem Fall, dass an der Stelle (6) die Daten D1R und D2R fehlerfrei sind, empfängt die CPU 202 konsistente Daten D1R, D2R vom Port 208 und die CPU 203 konsistente Daten D1B, D2B vom Port 212 der jeweiligen Switch-Einrichtung 204, 205. An der Steuerungskomponente 300 sind zumindest die Daten D1R,
- 25 D2R am Port 312 konsistent sowie auch am Port 308, da das Auftreten unabhängiger Doppelfehler im Wesentlichen ausgeschlossen wird. Insofern sind konsistente Statusdaten von der Steuerungskomponente 100 im Netzwerk zur Verfügung gestellt.
- 30 Schließlich zeigt die Fig. 6 noch eine weitere potenzielle Fehlersituation der Switch-Komponente 205 in einer Netzwerk-anordnung 110. Es sind wiederum die betrachteten Kommunikationspfade mit in Kreisen gestellten Ziffern (1) - (6) markiert. Falls die an der Stelle (1) markierten Pfeile DR1, DR2
- 35 korrekte Daten liefern, sind auch die D1R, D2R entlang der beiden Pfeile jeweils bei der Position (2) und (3) korrekt. In der Steuerungskomponente 200 erkennen damit die CPUs 202 und 203 konsistente Statusinformationen von der Steuerungs-

komponente 100. Wegen des Ausschlusses eines Doppelfehlers, sind die Daten D1B, D2B and beiden CPUs 302 und 303 korrekt. Damit erkennen in der Steuerungskomponente 300 die CPUs 302 und 303 konsistente Statusinformation der Steuerungskomponente 100. Insofern sind alle Elemente der Netzwerkeinrichtung 100 bzw. Steuerungskomponente 100 funktionsfähig.

Für den Fall, dass an der Stelle (1) über Port 212 die Daten D1R und D2R, die bei CPU 203 ankommen, inkonsistent sind, ergeben sich folgende Fehlerszenarien:

Sofern an der Stelle (6) die Daten D1B, D2B inkonsistent sind, erkennt die CPU 203, dass von der Steuerungskomponente 100 keine konsistenten Statusinformationen erhalten werden. Die Steuerungskomponente 200 erkennt auf einen Fehler bei sich selbst und passiviert sich - da die CPU 203 weder aus D1B, D2B noch aus D1R, D2R konsistente Daten bekommen hat, jedoch wegen Ausschlusses eines Doppelfehlers D1R, D2R konsistente Daten an CPU 202 liefern - . Die Steuerungskomponente 300 hingegen ist weiter voll funktionsfähig und erhält konsistente Statusinformationen von der Steuerungskomponente 100 an dem Port 312 in Form der Daten D1B und D2B.

Sofern an der Stelle (1) am Port 212 die Daten D1R und D2R inkonsistent sind und an der Stelle (6) am Port 212 die beiden Daten D1B und D2B korrekt sind, erhält die CPU 203 konsistente Daten D1B und D2B und die CPU 202 konsistente Daten D1R und D2R am Port 208. Bei der Steuerungskomponente 300 sind dann zumindest die Daten D1B, D2B sowohl bei CPU 302 als auch bei CPU 303 konsistent. Insofern liegen an allen Steuerungskomponenten der Netzwerkanordnung 100, 200, 300 trotz des Fehlers konsistente Daten an.

Alle anderen Fehlerfälle sind aus Symmetriegründen bereits durch obige Erläuterungen abgedeckt.

Somit liefert das Verfahren sowie auch die vorgeschlagene Netzwerkanordnung mit ihrer Ringstruktur eine höchst konsi-

stente Steuergerätekommunikation in sicherheitsrelevanten Anwendungen. Alle möglichen Einzelfehler führen entweder nicht dazu, dass in einer oder mehreren Netzwerkeinrichtungen keine konsistenten Daten erzeugt werden können, oder können innerhalb eines Kommunikationszyklus lokalisiert werden.

Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Kommunikationsnetzwerks (101) für an das Kommunikationsnetzwerk (6) gekoppelte Netzwerkeinrichtungen (1), wobei eine jeweilige Netzwerkeinrichtung (1) eine Switch-Einrichtung (4), eine erste und eine zweite Steuereinrichtung (2, 3), welche an die Switch-Einrichtung (4) gekoppelt sind, umfasst, und wobei die Switch-Einrichtung (4) für die erste und die zweite Steuereinrichtung (2, 3) jeweils einen Empfangsport (10, 14) und einen Sendeport (9, 13) zum Senden und Empfangen von Daten über das Kommunikationsnetzwerk (6) hat, wobei das Verfahren umfasst:

15 Erzeugen von ersten Daten (D1) durch die erste Steuereinrichtung (2) und zweiten Daten (D2) durch die zweite Steuereinrichtung (3), wobei die ersten Daten (D1) und die zweiten Daten (D2) durch eine vorgegebene Kodierung miteinander verknüpft sind;

20

Senden der ersten Daten (D1) von der ersten Steuereinrichtung (2) über die Switch-Einrichtung (4) an die zweite Steuereinrichtung (3) und Senden der zweiten Daten (D2) von der zweiten Steuereinrichtung (3) über die Switch-Einrichtung (4) an die erste Steuereinrichtung (2);

25

Senden der ersten Daten (D1) und der zweiten Daten (D2) über einen ersten Kommunikationspfad (CB1, CB2, CB3) von dem Sendeport (9) der Switch-Einrichtung (4) für die erste Steuereinrichtung (2) zu dem Empfangsport (14) der Switch-Einrichtung (4) für die zweite Steuereinrichtung (3);

30

Senden der ersten Daten (D1) und der zweiten Daten (D2) über einen zweiten Kommunikationspfad (CR1, CR2, CR3) von dem Sendeport (13) der Switch-Einrichtung (4) für die zweite Steuereinrichtung (3) zu dem Empfangsport (10) der Switch-Einrichtung (4) für die erste Steuereinrichtung (2);

35

wobei die Daten des ersten und des zweiten Kommunikationspfads (CB1, CB2, CB3, CR1, CR2, CR3) dieselben Netzwerkeinrichtungen (200, 300) in entgegen gesetzter Richtung durchlaufen.

5

2. Verfahren nach Anspruch 1, ferner umfassend:

Senden der ersten Daten (D1) und der zweiten Daten (D2) über den Sendeport (9) der Switch-Einrichtung (4) für die erste Steuereinrichtung (2) an den Empfangsport (14) der
10 Switch-Einrichtung (4) für die zweite Steuereinrichtung (3) über mindestens eine weitere Switch-Einrichtung (204) einer weiteren Netzwerkeinrichtung (200) mit einer ersten und zweiten Steuereinrichtung (202, 203); und

15 Senden der ersten Daten (D1) und der zweiten Daten (D2) über den Sendeport (13) der Switch-Einrichtung (4) für die zweite Steuereinrichtung (3) an den Empfangsport (10) der Switch-Einrichtung (4) für die erste Steuereinrichtung (2) über mindestens eine weitere Switch-Einrichtung (204) einer
20 weiteren Netzwerkeinrichtung (200) mit einer ersten und zweiten Steuereinrichtung (202, 203);

wobei in einer jeweiligen weiteren Switch-Einrichtung (204) an einem Empfangsport (214) für die zweite Steuereinrichtung (203) der weiteren Switch-Einrichtung (204) empfangene Daten an einen Sendeport (209) für die erste Steuereinrichtung (202) der weiteren Switch-Einrichtung (204) weitergeleitet werden, und an einem Empfangsport (210) für die erste Steuereinrichtung (202) der weiteren Switch-Einrichtung
25 (204) empfangene Daten an einen Sendeport (213) für die zweite Steuereinrichtung (203) der weiteren Switch-Einrichtung (204) weitergeleitet werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, ferner umfassend: Vergleichen der ersten Daten (D1) mit den zweiten Daten (D2) in
35 der ersten und/oder zweiten Steuereinrichtung (2, 3) zum Erzeugen eines Vergleichsergebnisses; und Passivieren der Netz-

werkeinrichtung (1) in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 3, ferner umfassend: erneutes Senden der ersten und der zweiten Daten (D1, D2) über den ersten und den zweiten Kommunikationspfad (CB1, CB2, CB3, CR1, CR2, CR3).
- 5
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 4, ferner umfassend: in einer weiteren Netzwerkeinrichtung (200) Empfangen der ersten Daten (D1) und der zweiten Daten (D2) an Eingangsports (210, 214) für unterschiedliche Steuereinrichtungen (202, 203), und Vergleichen der empfangenen Daten.
- 10
6. Verfahren (1) nach einem der Ansprüche 1 - 5, ferner umfassend: Anzeigen einer Fehlermeldung, falls verglichene erste Daten (D1) und zweite Daten (D2) nicht durch die vorgegebene Kodierung miteinander verknüpft sind.
- 15
7. Verfahren (1) nach einem der Ansprüche 1 - 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Kommunikationsnetzwerk (6) ein Ethernet-Netzwerk ist.
- 20
8. Computerprogrammprodukt, welches die Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 -7 auf einer oder mehrerer programmgesteuerter Einrichtungen (1, 100, 200, 300) veranlasst.
- 25
9. Datenträger mit einem gespeicherten Computerprogramm mit Befehlen, welche die Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 -7 auf einer oder mehrerer programmgesteuerter Einrichtungen (1, 100, 200, 300) veranlasst.
- 30
10. Netzwerkanordnung (101) mit mehreren Netzwerkeinrichtungen (1, 201, 301), welche an ein Kommunikationsnetzwerk (6) gekoppelt sind, wobei eine jeweilige Netzwerkeinrichtung (1) eine Switch-Einrichtung (4), eine erste und eine zweite Steu-
- 35

ereinrichtung (2, 3), welche an die Switch-Einrichtung (4) gekoppelt sind, aufweist, und wobei die Switch-Einrichtung (4) für die erste und die zweite Steuereinrichtung (2, 3) jeweils einen Empfangsport (10, 14) und einen Sendeport (9, 13) zum Senden und Empfangen von Daten über das Kommunikationsnetzwerk (6) hat, und wobei die Netzwerkeinrichtungen (1, 100, 200, 300) eingerichtet sind, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 7 durchzuführen.

- 10 11. Netzwerkanordnung (101) nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Netzwerkanordnung (101) Teil eines Fahrzeugs ist.
12. Netzwerkanordnung (101) nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass Netzwerkeinrichtungen (101) Sensoreinrichtungen oder Aktoreinrichtungen zum Betreiben eines Fahrzeugs sind.
13. Netzwerkanordnung (101) nach einem der Ansprüche 10 - 12, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Netzwerkeinrichtung (100) eine erste und zweite Switch-Einrichtung (4, 5) umfasst, wobei die erste Switch-Einrichtung (4) der ersten Steuereinrichtung (2) zugeordnet ist und die zweite Switch-Einrichtung (5) der zweiten Steuereinrichtung (3) zugeordnet ist, und wobei die Switch-Einrichtungen (4, 5) jeweils mindestens zwei Ports (7 - 18) umfassen und die Switch-Einrichtungen (4, 5) kommunikativ miteinander gekoppelt sind.
14. Netzwerkanordnung (150) nach einem der Ansprüche 10 - 13, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei ringförmige Teil-Netzwerkanordnungen vorgesehen sind, wobei die Teil-Netzwerkanordnungen an mindestens zwei unterschiedlichen Stellen mit Hilfe von Switch-Einrichtungen miteinander gekoppelt sind
15. Netzwerkanordnung (150) nach einem der Ansprüche 10 - 14, dadurch gekennzeichnet, dass Einfach-Netzwerkeinrichtungen

(400) mit jeweils einer Steuereinrichtung und einer Switch-Einrichtung in der Netzwerkanordnung vorgesehen sind.

16. Netzwerkanordnung (150) nach Anspruch 14 oder 15,
5 dadurch gekennzeichnet, dass Einfach-Netzwerkeinrichtungen (400) über Stichleitungen mit Hilfe von Switch-Einrichtungen (404) an die ringförmige Teil-Netzwerkanordnung gekoppelt sind.
- 10 17. Netzwerkanordnung (101) nach einem der Ansprüche 10 - 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Netzwerkeinrichtungen als jeweils als einzelner FPGA, ASIC, IC Chip, oder fest verdrahteter Mikroschaltkreis ausgeführt sind.

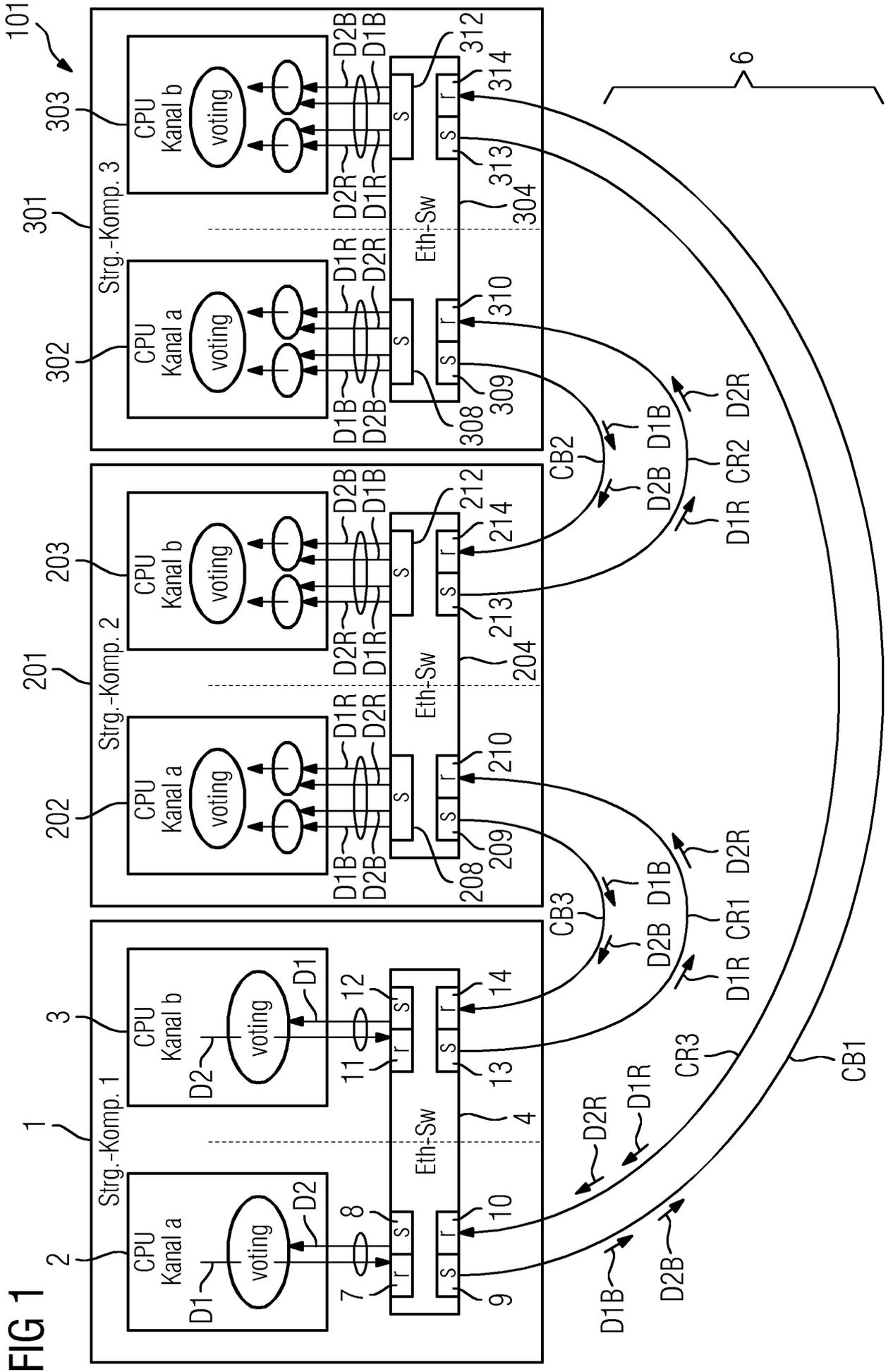


FIG 1

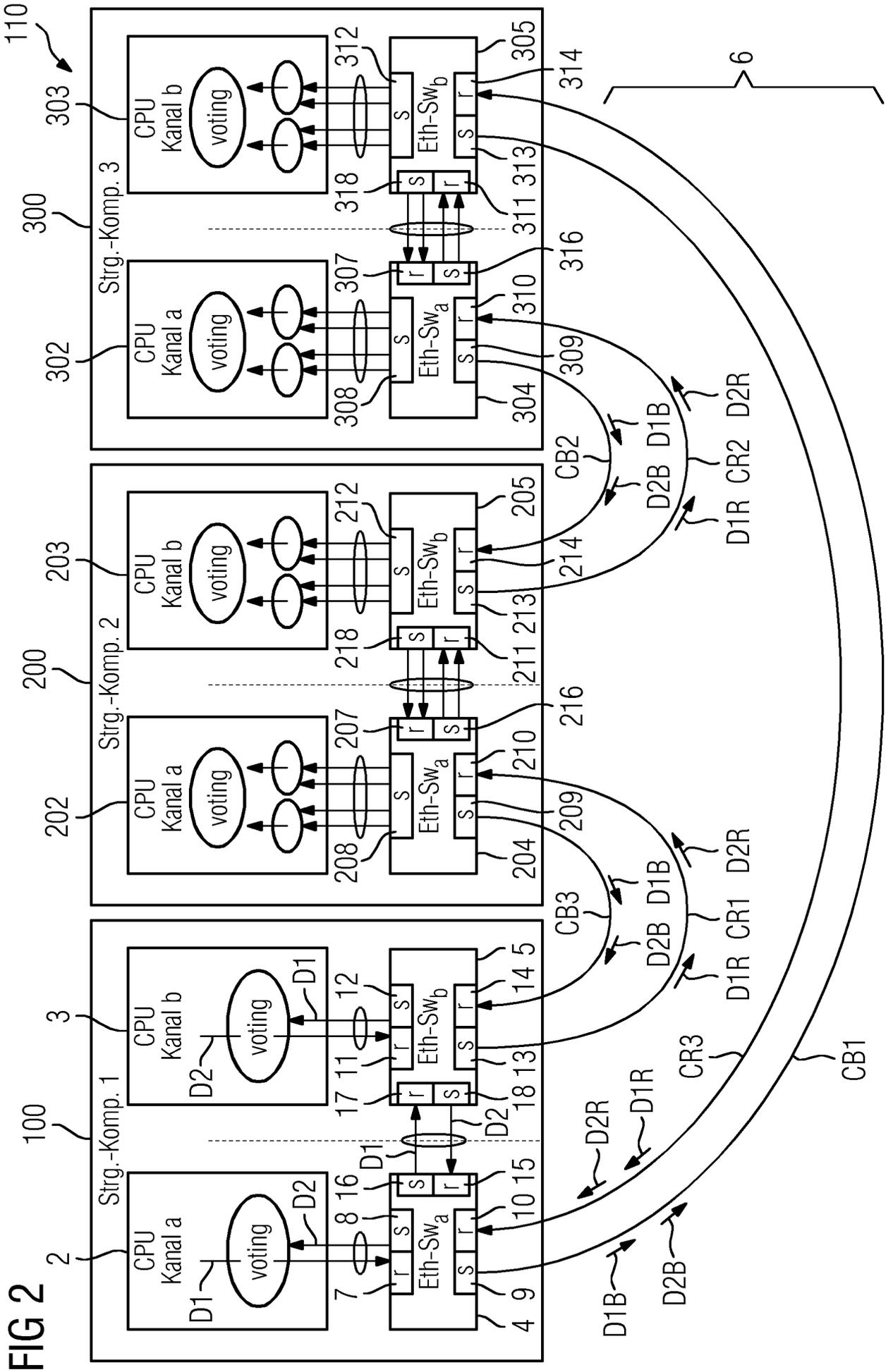
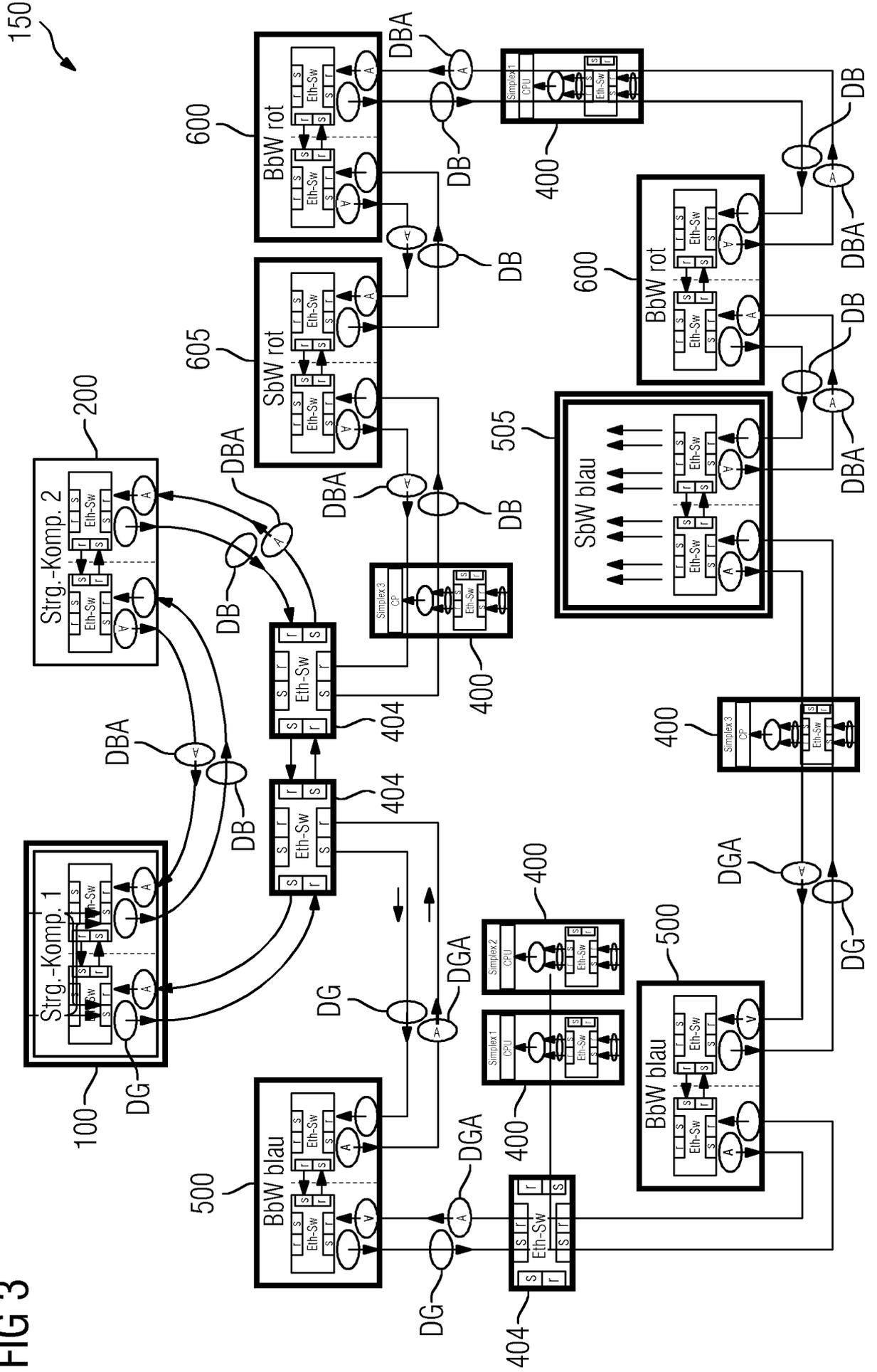


FIG 2

FIG 3



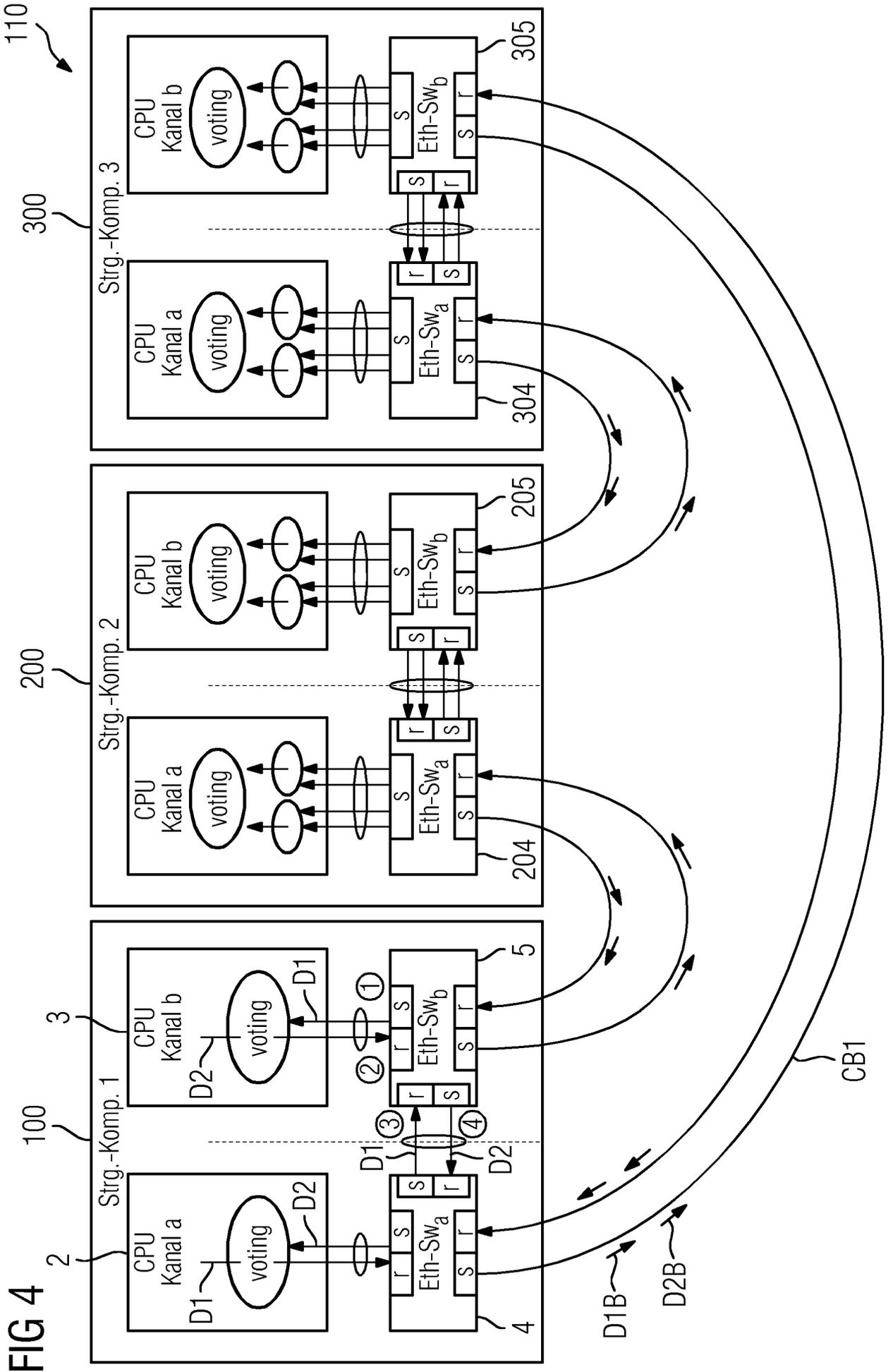


FIG 4

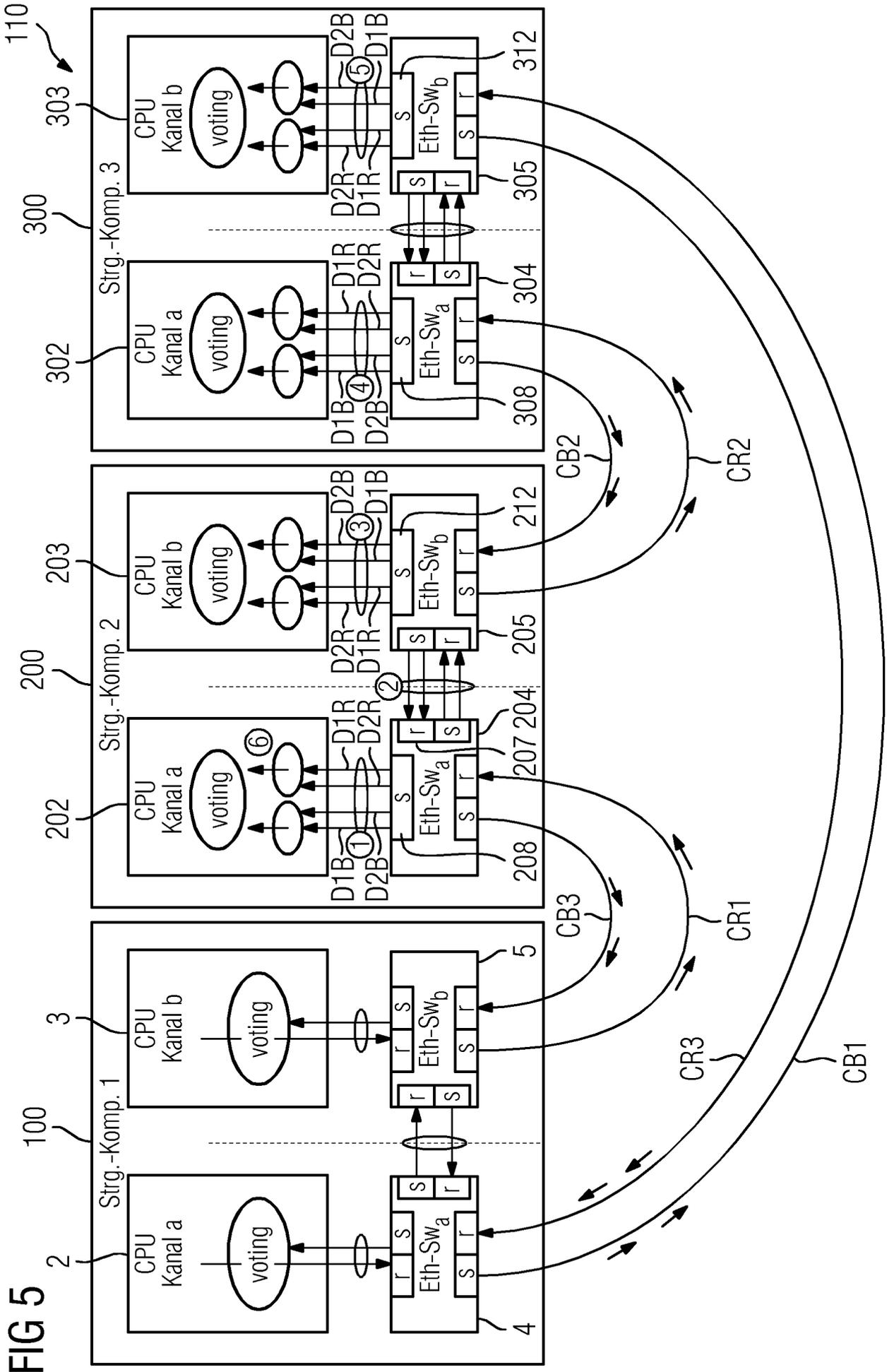


FIG 5

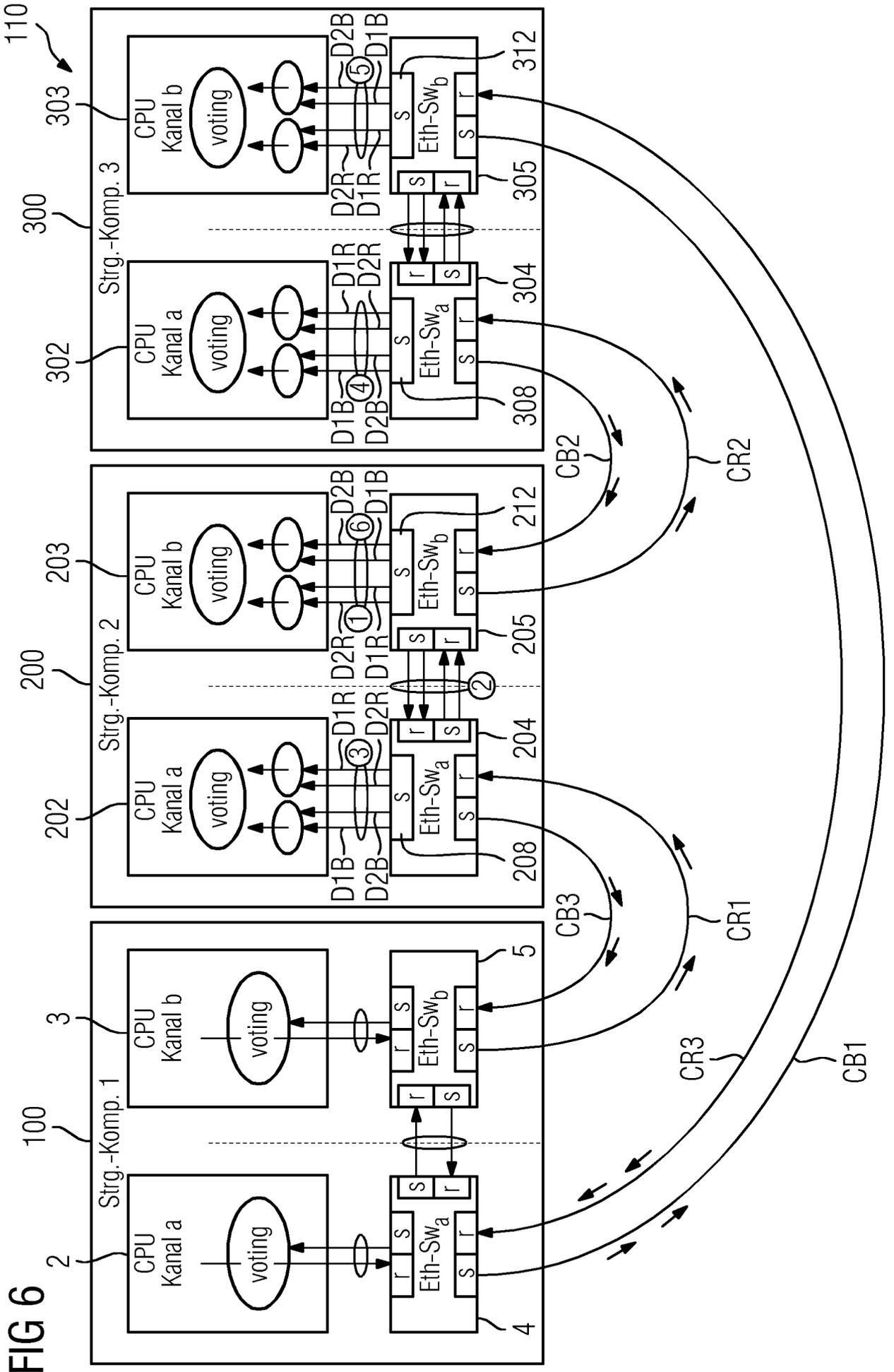


FIG 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/067110

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G06F11/16 H04L12/42 B60R16/023 H04L12/709
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)
G06F H04L B60R

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, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2009/098616 A1 (NXP BV [NL]; VAN WAGENINGEN ANDRIES [BE]; UNGERMANN JOERN [DE]; FUHRMA) 13 August 2009 (2009-08-13) page 2, line 32 - page 3, line 7 page 5, line 6 - page 7, line 2; figures 1,7	1-17
A	WO 2004/029737 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]; ARMBRUSTER MICHAEL [DE]; HEILMANN HARRO [DE]) 8 April 2004 (2004-04-08) cited in the application page 7, line 7 - page 11, line 21; figure 1	1-17

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "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

16 January 2013

Date of mailing of the international search report

23/01/2013

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

Engmann, Steffen

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/067110

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2009098616	A1	13-08-2009	NONE

WO 2004029737	A1	08-04-2004	DE 10243713 A1 01-04-2004
			EP 1540428 A1 15-06-2005
			JP 3965410 B2 29-08-2007
			JP 2005521182 A 14-07-2005
			US 2006116803 A1 01-06-2006
			WO 2004029737 A1 08-04-2004

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/067110

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G06F11/16 H04L12/42 B60R16/023 H04L12/709 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G06F H04L B60R		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 2009/098616 A1 (NXP BV [NL]; VAN WAGENINGEN ANDRIES [BE]; UNGERMANN JOERN [DE]; FUHRMA) 13. August 2009 (2009-08-13) Seite 2, Zeile 32 - Seite 3, Zeile 7 Seite 5, Zeile 6 - Seite 7, Zeile 2; Abbildungen 1,7 -----	1-17
A	WO 2004/029737 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]; ARMBRUSTER MICHAEL [DE]; HEILMANN HARRO [DE]) 8. April 2004 (2004-04-08) in der Anmeldung erwähnt Seite 7, Zeile 7 - Seite 11, Zeile 21; Abbildung 1 -----	1-17
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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 16. Januar 2013		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 23/01/2013
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 Engmann, Steffen

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/067110

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2009098616	A1	13-08-2009	KEINE

WO 2004029737	A1	08-04-2004	DE 10243713 A1 01-04-2004
			EP 1540428 A1 15-06-2005
			JP 3965410 B2 29-08-2007
			JP 2005521182 A 14-07-2005
			US 2006116803 A1 01-06-2006
			WO 2004029737 A1 08-04-2004
