



eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI-Patent (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 eintreffen

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Bussystem bestehend aus wenigstens zwei Datenbussen, wobei der erste Datenbus eine erste Anzahl von Teilnehmern aufweist und der zweite Datenbus eine zweite Anzahl von Teilnehmern aufweist, wobei als Datenbusse wenigstens zwei TTCAN-Busse verwendet werden, die miteinander durch gleichzeitig mit beiden TTCAN-Bussen in Verbindung stehende Teilnehmer derart verbunden sind, dass weniger Teilnehmer als die Summe der Anzahl der Teilnehmer des ersten TTCAN-Busses und der Anzahl der Teilnehmer des zweiten TTCAN-Busses gleichzeitig mit beiden TTCAN-Bussen in Verbindung stehen, wobei Mittel enthalten sind, durch welche abhängig von der Anzahl der Teilnehmer, die mit den wenigstens zwei TTCAN-Bussen gleichzeitig verbunden sind eine skalierbare Fehlertoleranz im Bussystem erzeugt wird.

Bussystem aus wenigstens zwei Datenbussen

Stand der Technik

Die Erfindung geht von einem Bussystem gemäß dem Oberbegriff der Ansprüche aus.

Die Vernetzung von Steuergeräten, Sensorik und Aktuatorik mit Hilfe eines Kommunikationssystems bzw. eines Bussystems hat in den letzten Jahren beim Bau von modernen Kraftfahrzeugen oder auch im Maschinenbau, insbesondere im Werkzeugmaschinenbereich als auch in der Automatisierung drastisch zugenommen. Synergieeffekte durch Verteilung von Funktionen auf mehrere Steuergeräte können dabei erzielt werden. Man spricht hierbei von verteilten Systemen. Die Kommunikation zwischen verschiedenen Stationen findet mehr und mehr über wenigstens einen Bus bzw. wenigstens ein Bussystem statt. Der Kommunikationsverkehr auf dem Bussystem, Zugriffs- und Empfangsmechanismen sowie Fehlerbehandlung werden über ein Protokoll geregelt.

Als Protokoll im Kfz-Bereich etabliert ist der CAN (controller area network). Dieses ist ein ereignisgesteuertes Protokoll, d. h. Protokollaktivitäten wie das Senden einer Nachricht werden durch Ereignisse initiiert, die ihren Ursprung außerhalb des

Kommunikationssystemen haben. Der eindeutige Zugang zum Kommunikationssystem bzw. Bussystem wird über eine prioritätsbasierte Bitarbitrierung gelöst. Eine Voraussetzung dafür ist, dass jeder Nachricht eine Priorität zugewiesen ist. Das CAN-Protokoll ist sehr flexibel; ein Hinzufügen weiterer Knoten und Nachrichten ist damit problemlos möglich, so lange es noch freie Prioritäten (message identifier) gibt. Die Sammlung aller im Netzwerk zu sendenden Nachrichten mit Prioritäten und deren Senderknoten sowie möglicherweise Empfangsknoten werden in einer Liste, der sogenannten Kommunikationsmatrix abgelegt.

Ein alternativer Ansatz zur ereignisgesteuerten, spontanen Kommunikation ist der rein zeitgesteuerte Ansatz. Alle Kommunikationsaktivitäten auf dem Bus sind strikt periodisch. Protokollaktivitäten wie das Senden einer Nachricht werden nur durch das Fortschreiten einer für das gesamte Bussystem gültigen Zeit ausgelöst. Der Zugang zum Medium basiert auf der Zuteilung von Zeitbereichen, in denen ein Sender exklusives Senderecht hat. Das Protokoll ist vergleichsweise unflexibel; ein Hinzufügen von neuen Knoten ist nur dann möglich, wenn zuvor schon die entsprechenden Zeitbereiche freigelassen wurden. Dieser Umstand erzwingt, die Nachrichtenreihenfolge schon vor Inbetriebnahme festzusetzen. Es wird also ein Fahrplan erstellt, der den Anforderungen der Nachrichten bezüglich Wiederholrate, Redundanz, Deadlines usw. genügen muss. Man spricht vom sogenannten Busschedule. Die Positionierung der Nachrichten innerhalb der Sendeperioden muss auf die Applikationen abgestimmt werden, die die Nachrichteninhalte produzieren, um die Latenzen zwischen Applikation und Sendezeitpunkt minimal zu halten. Wenn diese Abstimmung nicht erfolgt, würde der Vorteil der zeitgesteuerten Übermittlung (minimale Latent-Jitter beim Senden der Nachricht am Bus) zerstört. Es

werden so hohe Anforderungen an die Planungstools gestellt.
Ein solches Bussystem ist beispielsweise der TTP/C.

Der in den Patentanmeldungen DE 100 00 302 A1, DE 100 00 303 A1, DE 100 00 304 A1 und DE 100 00 305 A1 sowie dem ISO Standard 11898-4 (zur Zeit noch als Draft) gezeigte Lösungsansatz des zeitgesteuerten CAN, des sogenannten TTCAN (time triggered controller area network) genügt den oben skizzierten Forderungen nach zeitgesteuerter Kommunikation sowie den Forderungen nach einem gewissen Maß an Flexibilität. TTCAN erfüllt dies durch den Aufbau der Kommunikationsrunde (basic cycle) in sogenannte exklusive Zeitfenster für periodische Nachrichten bestimmter Kommunikationsteilnehmer und in sogenannte arbitrierende Zeitfenster für spontane Nachrichten mehrerer Kommunikationsteilnehmer. TTCAN basiert im Wesentlichen auf einer zeitgesteuerten, periodischen Kommunikation, die durch einen hauptzeitgebenden Teilnehmer oder Knoten, den sogenannten Zeitmaster, mit Hilfe einer Zeitreferenznachricht, oder kürzer Referenznachricht getaktet wird. Die Periode bis zur nächsten Referenznachricht wird als Basiszyklus (basic cycle) bezeichnet und unterteilt sich in eine vorgebbare Anzahl von Zeitfenstern. Dabei wird zwischen den lokalen Zeiten bzw. lokalen Zeitgebern der einzelnen Teilnehmer bzw. Knoten und der Zeit des Zeitmasters als globaler Zeit von dessen Zeitgeber unterschieden. Weitere Grundlagen und Definitionen bezogen auf den TTCAN sind aus dem ISO-Draft 11898-4 oder dem genannten Stand der Technik zu entnehmen, werden somit als bekannt vorausgesetzt und nicht noch einmal explizit aufgeführt.

Für die Vernetzung von Steuergeräten in der Automatisierung, im Kraftfahrzeug oder an anderen Stellen gibt es somit eine Reihe von Echtzeitbussystemen wie z.B. die erwähnten CAN,

TTP/C oder auch Byteflight sowie das eben ausgeführte TTCAN. Bei CAN, TTCAN oder Byteflight handelt es sich um Einkanalbussysteme, was bedeutet, dass Redundanz durch Vervielfachung des entsprechenden Systems erreicht werden kann. TTP/C ist ein intrinsisch zweikanaliges System, das bedeutet, dass die Redundanz immer eingebaut ist. Viele Bussysteme stellen als Service eine auf den Bus synchronisierte Zeitbasis zur Verfügung. Bei den Bussystemen, die von vornerein als Zwei- oder Mehrkanallösungen konzipiert werden, wird in der Regel die Synchronisierung per Design erzwungen; typischerweise dadurch, dass ein Knoten bzw. Teilnehmer auf beiden Bussen gleichzeitig senden muss. Dies hat Vorteile (z. B. Synchronisierung ist immer gewährleistet), aber auch eine Reihe von Nachteilen, wie z. B. dass nicht jeder Bus für sich zu betreiben ist, die Zeitmuster auf beiden Bussen nur sehr begrenzt verschieden sein können und dass die Modularität der beiden oder mehreren Bussysteme durch die per Design vorhandene Kopplung aufgeweicht wird.

Wie ausgeführt zeigt sich somit, dass der Stand der Technik nicht in jeder Hinsicht optimale Ergebnisse zu liefern vermag. Diese Situation soll im Weiteren verbessert werden.

Bei Bussen bzw. Bussystemen, die als einkanalig konzipiert sind, wird nun die Synchronisierung explizit durchgeführt, falls sie benötigt wird. Im Weiteren wird von einem TTCAN-Netzwerk als Bussystem bzw. von mehreren TTCAN-Bussen bzw. Bussystemen und ihrer Verkopplung ausgegangen, wobei dies nur insofern als einschränkend bezüglich des späteren Gegenstands der Erfindung zu verstehen ist, als Eigenschaften des TTCAN Voraussetzung bzw. Notwendigkeit zur Darstellung des erfindungsgemäßen Gegenstandes sind.

Vorteile der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Bussystem bestehend aus wenigstens zwei Datenbussen, wobei der erste Datenbus eine erste Anzahl von Teilnehmern aufweist und der zweite Datenbus eine zweite Anzahl von Teilnehmern aufweist, wobei vorteilhafter Weise als Datenbusse wenigstens zwei TTCAN-Busse verwendet werden, die miteinander durch gleichzeitig mit beiden TTCAN-Bussen in Verbindung stehende Teilnehmer derart verbunden sind und weniger Teilnehmer als die Summe der Anzahl der Teilnehmer des ersten TTCAN-Busses und der Anzahl der Teilnehmer des zweiten TTCAN-Busses gleichzeitig mit beiden TTCAN-Bussen in Verbindung stehen, wobei Mittel enthalten sind, durch welche abhängig von der Anzahl der Teilnehmer, die mit den wenigstens zwei TTCAN-Bussen gleichzeitig verbunden sind eine skalierbare Fehlertoleranz im Bussystem erzeugt wird.

Weiterhin von Vorteil ist, dass, insbesondere bei mehr als zwei TTCAN-Bussen, immer zwei TTCAN-Busse als wenigstens ein gekoppeltes Paar von Datenbussen durch wenigstens einen Teilnehmer miteinander verbunden sind.

Zweckmäßiger Weise sind im Bussystem Mittel, wie z.B. der Synchronisations Layer (SL, SLZ) vorgesehen, durch welche eine Synchronisierung der wenigstens zwei TTCAN-Busse durchgeführt wird.

Dabei kann einerseits die globale Zeit bei wenigstens einem gekoppelten Paar von TTCAN-Bussen synchronisiert werden und/oder andererseits die Zykluszeit bei wenigstens einem gekoppelten Paar von TTCAN-Bussen synchronisiert werden.

Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus der Beschreibung sowie den Merkmalen der Ansprüche.

Zeichnung

Die Erfindung wird im Weiteren anhand der in der Zeichnung dargestellten Figuren näher erläutert.

Dabei zeigt

Figur 1 die Verkopplung zweier TTCAN-Bussysteme mittels eines Teilnehmers, der als Gateway-Teilnehmer fungiert.

Figur 2 zeigt die Verkopplung dreier TTCAN-Bussysteme durch gekoppelte Paare.

Figur 3 zeigt die Verkopplung von vier TTCAN-Bussystemen durch verschiedene Teilnehmer zur Darstellung skalierbarer Toleranz.

Figur 4 zeigt ein Flussdiagramm zum Frequenzangleich zwischen zwei TTCAN-Bussen bzw. TTCAN-Bussystemen.

Figur 5 zeigt ein Flussdiagramm zur Darstellung des Phasengleichs zweier TTCAN-Busse bzw. TTCAN-Bussysteme.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Die Erfindung beschreibt allgemeine Möglichkeiten, wie ein fehlertolerantes Bussystem bzw. Netzwerk aus der Kombination von mehreren TTCAN-Bussen erzeugt werden kann. Besonders vorteilhaft ist dies zusammen mit den Mechanismen bezüglich der Synchronisation der globalen Zeit von mehreren TTCAN-Bussen und/oder der Synchronisation der Zykluszeit von mehreren TTCAN-Bussen, womit eine Synchronisation all dieser Busse im Gesamtbussystem oder Netzwerk aufeinander erreicht werden kann.

Figur 1 zeigt ein Bussystem bzw. Netzwerk bestehend aus mehreren, hier zwei, TTCAN-Bussen bzw. TTCAN-Bussystemen. Mit 103B1 ist darin ein erster Bus und mit 103B2 ein zweiter Bus dargestellt. Am ersten Bus 103B1 sind zwei Teilnehmer 101 und 102 angekoppelt. Am zweiten Bus 103B2 ist ein Teilnehmer 105 angekoppelt. Der Teilnehmer 100 ist an beide Busse 103B1 und 103B2 angekoppelt und fungiert als Verbindungsteilnehmer oder auch Gateway-Rechner bzw. Gateway-Teilnehmer oder Gateway-Controller, welcher auf beide Busse Zugriff hat. Ein gekoppeltes Paar von TTCAN-Bussen (hier 103B1 und 103B2) wird somit als eine Kombination von zwei TTCAN-Bussen so definiert, dass es mindestens einen Gateway-Teilnehmer gibt, der auf beide Busse Zugriff hat. Die Verbindung der einzelnen Teilnehmer zum jeweiligen Bus erfolgt über ein entsprechendes Schnittstellenelement, beispielsweise bei Teilnehmer 101 über das Schnittstellenelement 110B1. Ebenso ist der Teilnehmer 100 als Gateway-Teilnehmer über ein Schnittstellenelement 104B1 mit dem Bus 103B1 sowie über ein Schnittstellenelement 104B2 mit dem Bus 103B2 verbunden. Alternativ könnte auch im Gegensatz zu zwei Schnittstellenelementen 104B1 und 104B2 ein Schnittstellenelement mit zwei Anschlüssen zur Anbindung an den Bus 103B1 und an den Bus 103B2 vorgesehen sein.

Weiterhin dargestellt im Teilnehmer 100 bzw. 101 ist ein Taktgeber 111 bzw. 106 mit einer internen Taktquelle oder auch Zeitquelle 107 bzw. 112, insbesondere ein Quarz oder ein Oszillator, insbesondere ein VCO (voltage controlled oscillator). Weiterhin enthalten innerhalb des jeweiligen Zeitgebers 106 bzw. 111 ist ein Zeiterfassungsbaustein, insbesondere ein Zähler oder Counter 108 bzw. 113.

Steuerungsaufgaben im jeweiligen Teilnehmer, insbesondere zur Ein-/Ausgabe von Daten auf das Bussystem, zur Übernahme

der Zeitinformation aus dem Zeitgeber sowie zur Synchronisation der Busse bzw. Busteilnehmer und weitere, insbesondere erfindungsgemäße Verfahren und Verfahrensschritte usw. können durch die Bausteine 109 bzw. 114 als Verarbeitungsbausteine, insbesondere einen Mikrocomputer bzw. Mikroprozessor oder auch Controller wahrgenommen werden. Teile dieser Funktionalität oder die gesamte Funktionalität kann aber auch direkt im jeweiligen Schnittstellenbaustein vorhanden sein.

Dabei kann nun ein Teilnehmer als Zeitreferenzgeber im Sinne von TTCAN vorgegeben werden, insbesondere pro Bussystem. Dieser Teilnehmer, der Zeitreferenzgeber als Zeitmaster, gibt somit den Basiszyklus wie im Stand der Technik beschrieben vor. Ebenso ist es möglich, dass der Gateway-Teilnehmer als Zeitreferenzgeber, also als Zeitmaster oder Timemaster für beide Bussysteme fungiert. Der Zeitgeber des entsprechenden Referenzteilnehmers, also des Zeitmasters des jeweiligen TTCAN-Systems, durch welchen die lokale Zeit dieses Zeitmasters ermittelt wird, gilt somit als Referenzzeitgeber bzw. gibt die Referenzzeit für das entsprechende Bussystem vor, also entsprechend 103B1 und/oder 103B2. D. h. der lokale Zeitgeber, z. B. 106 und/oder 111 des vorgegebenen Referenzteilnehmers als Zeitmaster gilt somit als globaler Zeitgeber des entsprechenden Busses bzw. Bussystems 103B1 und/oder 103B2 und gibt die globale Zeit des entsprechenden Busses vor.

In Figur 1 ist somit ein gekoppeltes Paar von TTCAN-Bussen mit einem Gateway-Teilnehmer oder Gateway-Knoten dargestellt. Zur präziseren Darstellung dieser erfindungsgemäßen Kopplung wird die nachfolgende erfindungsgemäße Beschreibung verwendet:

Wenigstens zwei TTCAN-Busse B_1, B_2 sind gekoppelt, wenn es eine Folge $P_i = (B_{Xi}, B_{Yi})$ mit $i = 1$ bis n und n Element N gibt, die folgende Eigenschaften aufweist:

- B_{Xi}, B_{Yi} sind TTCAN-Busse für alle i .
- Für ein i bilden B_{Xi} und B_{Yi} ein gekoppeltes Paar von TTCAN-Bussen
- $B_{X(i+1)}$ ist B_{Yi} (für $i = 1$ bis $n-1$)
- B_{X1} ist Bus B_1 und B_{Yn} ist Bus B_2 .

D. h. zwei TTCAN-Busse B_1 und B_2 sind gekoppelt, wenn sie durch irgendeinen auch noch so komplizierten Pfad von gekoppelten Paaren verbunden sind. Ein System von mindestens zwei TTCAN-Bussen heißt hier ein fehlertolerantes TTCAN-Bussystem, wenn je zwei der Busse gekoppelt (im vorgenannten Sinne) sind. Somit sind alle Systemarchitekturen erfassbar, die ein fehlertolerantes TTCAN-Bussystem oder Netzwerk verwenden.

Weitere Beispiele sind in den Figuren 2 und 3 dargestellt. So zeigt Figur 2 drei TTCAN-Busse 203B1, 203B2 und 203B3 sowie Busteilnehmer 200, 201, 204 und 205. Dabei sind die Busse 203B1 und 203B2 durch den Teilnehmer 200 miteinander verbunden und ebenso die Busse 203B2 und 203B3 durch den Teilnehmer 201. Somit sind im erfindungsgemäßen Sinne durch die Kopplung der Bussysteme 203B1 und 203B2 sowie 203B2 und 203B3 als gekoppelte Paare durch die Teilnehmer 200 und 201 auch die Bussysteme 203B1 und 203B3 entsprechend nach vorgenannter Definition fehlertolerant verbunden, insbesondere bezüglich der Synchronisation. Im Gegensatz zu konventionell redundanten Systemen, also zweier Busse im Gesamtbussystem, bei denen jeder Knoten bzw. Teilnehmer mit jedem anderen Bus redundant verbunden ist, also jeder

Teilnehmer eine Verbindung zu jedem Bus aufweist, erlauben die hier vorgeschlagenen Systemarchitekturen durch Verwendung gekoppelter Paare eine skalierbare Fehlertoleranz sowie eine Mischung von fehlertoleranten und nicht fehlertoleranten Systemen.

Dies ist am Beispiel von Figur 3 noch einmal erläutert. Darin sind vier Busse 303B1, 303B2, 303B3 und 303B4 dargestellt. Daneben sind die Busteilnehmer 301, 302, 300, 304 und 305 dargestellt. Die Busse 303B1 und 303B2 sind durch den Teilnehmer 300 miteinander gekoppelt, und die Busse 303B3 und 303B4 durch den Teilnehmer 301. Gleichzeitig sind die drei Busse 303B1, 303B2 und 303B3 durch den Teilnehmer 302 miteinander verbunden, so dass einerseits eine Mischung von fehlertoleranten und nicht fehlertoleranten Systemen ermöglicht wird und andererseits die gewünschte Fehlertoleranz im System skalierbar, d. h. in verschiedenen Redundanzgraden (einfach-, zweifach-, mehrfach-redundant) dargestellt werden kann. Es ist somit möglich, höhere Redundanzgrade in ein System einzuführen, ohne dabei Systeme zu koppeln, die entkoppelt bleiben sollen. Damit ist eine Reduktion von Common-Mode-Fehlern, also Gleichtaktfehlern des Bussystems bzw. der Bussysteme ebenfalls möglich.

In Verbindung mit den Synchronisationsmechanismen im TTCAN ist es somit möglich, ein einheitliches synchronisiertes Kommunikationssystem zu schaffen, das alle denkbaren Fehlertoleranzgrade in einfachster Weise ermöglicht. Im Nachfolgenden wird die Synchronisierung bezüglich der globalen Zeit sowie der Zykluszeiten oder cycle time einzelner Teilnehmer bzw. Bussysteme näher beschrieben.

Zunächst wird ein allgemeines Verfahren beschrieben, wie zwei oder mehrere TTCAN-Busse, insbesondere Level 2 (Siehe

ISO Draft), ihre globalen Zeiten aufeinander synchronisieren können. Dieses Verfahren kann sowohl von einer dedizierten Hardware, von der auf den entsprechenden Hosts ablaufenden Applikationen oder von einer speziellen Softwareschicht durchgeführt werden.

Im Folgenden wird das Verfahren zur Synchronisation einschließlich möglicher Varianten im Ablauf beschrieben. Ein Paar von Bussen wird hier direkt synchronisierbar genannt, wenn es mindestens einen Gateway-Rechner gibt, der auf beide Busse Zugriff hat, wie vorhergehend beschrieben. Allgemeine Voraussetzung ist weiterhin, dass es zwischen zwei zu synchronisierenden Bussen eine Kette von Gateways gibt, die die beiden Busse über direkt synchronisierbare Paare, also die oben genannten gekoppelten Paare verbindet. Die Synchronisationsschicht (Hardware oder Software), die die Synchronisation durchführt, wird im Folgenden Synchronisationslayer SL genannt. Dabei muss das SL nicht notwendigerweise auf jedem Knoten vorhanden sein, wie auch der nachfolgenden Beschreibung zu entnehmen ist.

In einer Ausführungsform ist der Gateway-Teilnehmer oder Gateway-Rechner der Zeitmaster in wenigstens einem der beiden zu synchronisierenden Busse zur Angleichung der Zeit in dem Bus, in dem er Timemaster ist. Optional als weitere Ausführungsform kann eine Nachricht vom Gateway-Teilnehmer an den Timemaster übermittelt werden, um die entsprechende Zeitanpassung zur Synchronisierung vorzunehmen. Dann ist es nicht notwendig, dass der Gateway-Teilnehmer auch Timemaster wenigstens eines der zu synchronisierenden Bussysteme ist.

Zur Initialisierung läuft auf jedem TTCAN-Bus die für diesen Bus laut ISO 11898-4 und Stand der Technik für den TTCAN spezifizierte Initialisierungsprozedur ab. Als Resultat erhält man zwei oder auch mehrere unabhängig voneinander

laufende TTCAN Busse mit verschiedenen globalen Zeiten und verschiedenen aktuellen Zeitmastern. In einer optionalen Variante kann man durch das Systemdesign dafür sorgen, dass auf beiden bzw. auf mehreren Bussen der selbe Knoten bzw. Teilnehmer zum Zeitmaster wird.

Im Weiteren wird anhand der Figuren 4 und 5 Frequenz- und Phasenangleich beschrieben, wobei die Frequenz und die Phase der Busse getrennt voneinander angleichbar sind, wobei in einer vorteilhaften Ausgestaltung zuerst die Frequenz angeglichen wird, weil, solange die Frequenz falsch ist bzw. abweicht, wird die Phase laufend geändert.

A) Frequenzabgleich zwischen zwei Bussen

Im TTCAN wird die Geschwindigkeit der globalen Zeit, d. h. die Länge der Zeiteinheit NTU durch die Zeitgeberfrequenz des Zeitmasters, also insbesondere die Oszillatorfrequenz oder Quarzfrequenz und dessen TUR-(time unit ratio) Wert bestimmt. Dabei sind die NTUs (network time unit), die Zeiteinheiten der globalen Zeit des jeweiligen Busses und TUR das Verhältnis zwischen der Länge einer NTU und der Länge einer spezifischen Basiszeiteinheit, z. B. der lokalen Zeitgeberperiode, also insbesondere der lokalen Oszillatorperiode, wie dies in dem ISO-Draft 11898-4 beschrieben ist. Die Synchronisationsschicht, das SL, muss dafür sorgen, dass die NTUs auf den verschiedenen Bussen die vorgesehenen Verhältnisse zueinander haben. Das SL kann dabei in Hardware oder Software durch die Verarbeitungseinheiten 109 und/oder 114 usw. repräsentiert sein, wobei das SL wie bereits erwähnt nicht notwendigerweise allen Teilnehmern immanent sein muss.

Grundsätzlich sind verschiedene Vorgehensweisen denkbar. Es kann ein Bus auf den anderen abgestimmt werden, indem die

Frequenz des einen bzw. die Geschwindigkeit der globalen Zeit des einen als Vorgabe gewählt wird und die Differenz der Geschwindigkeit bzw. Frequenz des anderen dazu bestimmt wird, wobei dann der wenigstens eine weitere Bus auf den anderen abgestimmt wird oder die wenigstens zwei Busse nähern sich gegenseitig bezüglich der Geschwindigkeit der globalen Zeit, also insbesondere der Frequenz der Zeitgeber der jeweiligen Zeitmaster gegenseitig aneinander an. Weiterhin kann die Anpassung in einem Schritt erfolgen oder allmählich. Die jeweilige Strategie hängt vom SL, also der Synchronisationsschicht und den Anforderungen der jeweiligen Applikation ab. Allen Methoden ist das folgende Schema gemein:

- Das SL bestimmt für einen Bus die durchzuführende Korrektur und teilt sie dem aktuellen Zeitmaster mit. Die Korrektur kann z. B. das Verhältnis von gerade aktuellem TUR-Wert und dem neu einzustellenden TUR-Wert sein. Besonders vorteilhaft ist es, wenn das SL die Korrektur auf dem Zeitmaster bestimmt, wodurch der Korrekturwert, z. B. direkt der neue TUR-Wert sein kann.
- Das SL bestimmt im Zeitmaster den neuen TUR-Wert und benutzt diesen ab der folgenden Runde.
- Alle anderen Knoten dieses Busses folgen dem Zeitmaster über die TTCAN-Synchronisation.

In Figur 4 wird dazu im Block 400 die global time des ersten Busses, beispielsweise B1, z. B. 103B1, ermittelt. Diese wird zu einem Zeitpunkt T1 im Block 401 erfasst, d. h. gecaptured, wodurch in Block 401 ein erster Capturewert der globalen Zeit des Busses B1 entsteht. Ebenfalls zum Zeitpunkt T1 wird ein in Block 404 ermittelter Wert der globalen Zeit des Busses B2, beispielsweise 103B2, in Block

405 erfasst, also ge­captured. Zum nächsten Zeitpunkt T2 wird der jeweils erste Capturewert aus Block 401 bzw. Block 405 weitergeschoben in Block 402 bzw. Block 406, und ein neuer zweiter Capturewert bezüglich der globalen Zeit des jeweiligen Busses in Block 401 bzw. 405 erfasst. Aus diesen beiden Capturewerten in Block 401 und Block 402 bzw. Block 405 und Block 406 wird nun durch Differenzbildung im Block 403 bzw. Block 407 die jeweilige Geschwindigkeit der globalen Zeit oder auch die clock speed des jeweiligen Busses B1 bzw. B2 ermittelt. Aus diesen Werten für die Geschwindigkeit der globalen Zeit des jeweiligen Busses ergibt sich dann durch Differenzbildung im Block 409 ein Korrekturwert, der den Unterschied der Geschwindigkeit der globalen Zeiten der betrachteten Busse repräsentiert, also die Differenz der jeweiligen clock speed, also der Zeitgebergeschwindigkeit. Wie oben erwähnt kann diese auch z.B. über den jeweiligen TUR-Wert erfolgen bzw. ausgeführt werden. Das weitere erfindungsgemäße Verfahren läuft dann mit Hilfe des in Block 409 ermittelten Wertes bezüglich des Frequenzangleichs in Block 401 ab.

An einem Beispiel soll der Frequenzangleich nochmals verdeutlicht werden. Es gibt zwei Busse B1 und B2. Die Synchronisierungsstrategie ist, dass B2 die Länge der NTU an die auf B1 gültige Länge anpassen muss. Im einfachsten Fall seien beide nominal gleich lange. Die Applikation (SL) des aktuellen Zeitmasters von B2 habe direkten Zugriff auf den Bus B1 und es soll der selbe Zeitgeber bzw. die selbe Takt- bzw. Zeitquelle, also der selbe Oszillator oder Quarz für B1 und B2 verwendet werden. Dann sind die NTUs der beiden Busse B1 und B2 genau dann gleich lang, wenn der TUR-Wert dieses Knotens oder Teilnehmers bezüglich Bus B1 gleich dem TUR-Wert dieses Knotens bzw. Teilnehmers bezüglich Bus B2 ist. Das SL muss also den TUR-Wert bezüglich B1 als TUR-Wert bezüglich B2 verwenden.

Im Prinzip gleich kann die Situation behandelt werden, wenn die NTUs beider Busse ein beliebiges Verhältnis zueinander haben. In Hardware ist das dann vorteilhafter Weise leicht zu realisieren, wenn das Verhältnis bzw. dessen Kehrwert ganzzahlig ist, in einer besonders vorteilhaften Ausführungsform eine Zweierpotenz.

Wird nicht der selbe Zeitgeber bzw. die selbe Zeitquelle für beide Busse verwendet, so ist eine Möglichkeit, die Differenz der globalen Zeiten der beiden Busse zwei Mal oder öfter bzw. periodisch hintereinander zu messen und aus dem Vergleich zwischen der beobachteten Änderung der Differenz und der nominalen Änderung der Differenz einen Korrekturfaktor zu berechnen. Diese Möglichkeit ist auch gegeben, wenn der aktuelle Zeitmaster nicht selbst auf beide Busse Zugriff hat. Alternativ kann das SL die Länge eines Basiszyklus auf einem Bus in Einheiten des anderen Busses messen und daraus den Korrekturwert bestimmen.

B) Phasenangleich

Zum Phasenangleich misst das SL den Phasenunterschied zwischen zwei globalen Zeiten auf zwei Bussen und bestimmt für jeden der beiden Busse den einzustellenden Sprung bzw. Korrekturwert. Dies kann vorteilhafter Weise unter Zuhilfenahme des Stopwatch-Registers des TTCAN erfolgen.

Das SL teilt den beiden aktuellen Zeitmastern der beiden Busse den jeweilig einzustellenden Sprung bzw. Korrekturwert mit. Ein Zeitmaster, der einen Sprung einzustellen hat, setzt ein vorgegebenes Bit, speziell beim TTCAN das Discontinuity-Bit in der nächsten Referenznachricht und verschiebt seine globale Zeit um den entsprechenden Betrag. Dadurch wird dann die Zeitreferenznachricht bzw.

Referenznachricht des entsprechenden Zeitmasters zum angepassten Zeitpunkt gesendet. Nach dem erfolgreichen Senden dieser Referenznachricht bzw. Referenznachrichten auf gegebenenfalls wenigstens den beiden Bussen sind die wenigstens beiden Busse aufeinander synchronisiert.

Dieser Phasenangleich ist in Figur 5 dargestellt. Dabei werden die globalen Zeiten zweier Busse im Block 500 bzw. 504 ermittelt und im Block 501 bzw. Block 505 erfasst, also gecaptured. Die Capturerung erfolgt dabei jeweils zum gleichen Zeitpunkt T1. Nun werden die beiden Capturewerte direkt einer Differenzbildung in Block 509 zugeführt, wobei dann durch die einfachen Capturewerte beider Busse der Phasenunterschied, also die Differenz der clock phase, der Taktquellenphase oder Zeitquellenphase, ermittelt werden kann. Das weitere erfindungsgemäß beschriebene Verfahren läuft dann im Block 510 ab.

Insbesondere bei mehr als zwei Bussen ist es vorteilhaft, wenn bei einer solchen paarweisen Synchronisierung zweier Busse der Sprung bzw. die Korrektur nur auf einem der beiden Busse stattfindet, d. h. einer der beiden Busse eine Masterrolle für die globale Zeit einnimmt. D. h. die globale Zeit auf dem ersten Bus bleibt unverändert, die globale Zeit auf dem zweiten Bus springt bzw. wird verändert. In diesem Fall kann man mehr als zwei Busse problemlos sukzessive über die paarweise Synchronisierung aufeinander synchronisieren, ohne dass die Synchronisierung eines Paares auf die eines anderen einen insbesondere komplizierten Einfluss hat.

An einem Beispiel soll dies verdeutlicht werden. Es gibt fünf Busse B1, B2, B3, B4, B5 im System. Die synchronisierbaren bzw. gekoppelten Paare seien (B1, B2), (B1, B3), (B2, B4), (B3, B5). Wenn B1 der Master für B2 und B3 ist, B2 der für B4 und B3 der für B5, dann führt die

paarweise Synchronisierung (B2 und B3 synchronisieren sich erst auf B1, dann B4 auf B2 und B5 auf B3) innerhalb von zwei Runden zur systemweiten Synchronisierung.

Im gleichen System könnte man die Synchronisierung auch ohne Masterprinzip durchführen. Dann muss allerdings das SL sicherstellen, dass einmal synchronisierte Busse auch synchronisiert bleiben, d. h. ein Sprung bzw. eine Veränderung auf einem Bus auch auf allen Bussen, die zu diesem synchronisiert sind, stattfindet.

Darüber hinaus ist es vorteilhaft (aber nicht notwendig), wenn der Zeitmaster eines zu synchronisierenden Busses auch direkten Zugang zur globalen Zeit des entsprechenden Partnerbusses hat. In diesem Fall kann das SL nur auf den potentiellen Zeitmastern eines Busses eingerichtet werden, d. h. die Mitteilung des SL über die Höhe des einzustellenden Sprungs entfällt bzw. wird sehr einfach.

Es ist nicht notwendig, dass die NTUs, also die Zeiteinheiten der globalen Zeit auf den zu synchronisierenden Bussen gleich sind. Besonders einfach und nützlich ist es aber, wenn die (nominalen) NTUs zwischen zwei gekoppelten Bussen sich nur um einen ganzzahligen Faktor (insbesondere vorteilhafter Weise Zweierpotenzen) unterscheiden.

C) Phasenangleich durch Frequenzverschiebung

Alternativ zu dem eben dargestellten Mechanismus bezüglich des Phasenangleichs in Punkt B) besteht auch die Möglichkeit durch längerfristige Veränderung der Geschwindigkeit (vgl. hierzu Punkt A) einen Phasenangleich zu erzielen. Das prinzipielle Vorgehen ist genau das gleiche, wie dies beim Frequenzangleich zwischen zwei Bussen in Punkt A)

beschrieben ist. Ziel ist es in diesem Fall aber nicht, die NTU des anzupassenden Busses genau dem dortigen Zielwert anzupassen, sondern diese NTU etwas zu verlängern oder zu verkürzen, so dass die anzupassende Uhr bzw. der Zeitgeber etwas langsamer oder schneller inkrementiert wird und somit über längere Zeit hinweg ein Phasenangleich erzielt wird.

D) Beibehaltung des synchronisierten Zustands

Nach einem Phasenangleich wie in B) oder C) gibt es verschiedene Möglichkeiten, den synchronisierten Zustand zu erhalten. Einerseits durch Wiederholung des Phasenangleichs, sobald die beobachtete Phase einen bestimmten Wert übersteigt, andererseits durch Anpassung der Frequenz, wie in Punkt A) beschrieben. Des Weiteren ergibt sich eine Kombination der beiden Möglichkeiten. Da bei der Methode in Punkt A) die Frequenzanpassung typischerweise eine Runde später geschieht als eine entsprechende Frequenzänderung beim Masterbus, kann es selbst bei einer sehr genauen Übereinstimmung der Frequenzen der beteiligten Busse zu einem Aufsammeln einer Differenz führen. In diesem Fall muss ab und zu ein kleiner Phasenangleich oder eine Kompensation durch eine gezielt, insbesondere vorgegebene, nicht genau übereinstimmende Frequenz erfolgen.

Die Verwendung der entsprechenden TTCAN-Schnittstelle kann mit einem Debug-Instrument aufgezeigt werden. Über ein Busmonitoring kann auch das Verhalten auf dem Bus analysiert werden.

Im Weiteren wird nun ein allgemeines Verfahren zur Synchronisation beschrieben, und zwar dahingehend, wie zwei oder mehrere TTCAN-Busse ihre Zykluszeiten (cycle times) aufeinander synchronisieren können. Auch hier kann dieses Verfahren sowohl von einer dedizierten Hardware, von der auf

den entsprechenden Hosts ablaufenden Applikation oder von einer speziellen Softwareschicht durchgeführt werden.

Im Folgenden wird das Verfahren einschließlich möglicher Varianten im Ablauf beschrieben, wobei die gleichen Voraussetzungen und Definitionen gelten, wie dies bei der Synchronisation der globalen Zeit der Fall war, also direkte Synchronisierbarkeit, wenn es mindestens einen Gateway-Rechner gibt, der auf beide Busse Zugriff hat, und dass es zwischen zwei zu synchronisierenden Bussen eine Kette von Gateways gibt, die die beiden Busse über direkt synchronisierbare, gekoppelte Paare, verbindet. Auch hier erfolgt die Synchronisation mittels Synchronisationsschicht in Hardware oder Software, welche die Synchronisation durchführt und im folgenden Synchronisationslayer SLZ bezüglich der Zykluszeiten genannt wird. Auch hier muss das SLZ nicht notwendigerweise auf jedem Knoten vorhanden sein. Zunächst soll hier wiederum im Punkt AZ) der Frequenzangleich zwischen zwei Bussen behandelt werden.

AZ) Frequenzangleich zwischen zwei Bussen

Ein Frequenzangleich ist nur im TTCAN-Level 2 über Protokollmechanismen möglich. Allerdings reicht es aus, wenn der Zeitmaster im Level-2-Betrieb gefahren wird. Für andere Knoten ist dies nicht notwendig. Dort verläuft der Angleich wie der entsprechende Angleich für die globale Zeit, wie vorher beschrieben und kann also nicht unabhängig von diesem gemacht werden, falls im gleichen Netzwerk auch die globale Zeit synchronisiert wird.

Im TTCAN-Level 2 wird die Geschwindigkeit der Zykluszeit, d.h. die Länge der Zeiteinheit NTUZ durch die Frequenz des Zeitgebers, insbesondere des Oszillators des Zeitmasters und dessen TUR-Wert bestimmt, wie oben bereits für die globale

Zeit beschrieben. Das SLZ muss dafür sorgen, dass die NTUZs auf den verschiedenen Bussen die vorgesehenen Verhältnisse zueinander haben. Die NTUZ kann dabei gleich oder unterschiedlich zur vorher genannten NTU sein.

Grundsätzlich sind verschiedene Vorgehensweisen denkbar. Es kann wieder ein Bus auf den anderen abgestimmt werden oder beide bzw. mehrere nähern sich gegenseitig an. Weiter kann die Anpassung wiederum in einem Schritt erfolgen oder allmählich. Die jeweilige Strategie hängt vom SLZ und den Anforderungen der Applikation ab. Insbesondere kann die Synchronisation der globalen Zeit und die Synchronisation der Zykluszeit beispielsweise vom gleichen Softwarelayer, also der gleichen Synchronisationsschicht SL durchgeführt werden, was in einer vorteilhaften Ausgestaltung bedeutet:

$$SL = SLZ.$$

Allen Methoden bezüglich des Frequenzangleichs im Rahmen der Zykluszeit ist das folgende Schema gemein:

- Das SLZ bestimmt für einen Bus die durchzuführende Korrektur und teilt sie dem aktuellen Zeitmaster mit. Die Korrektur kann z. B. das Verhältnis von gerade aktuellem TUR-Wert und dem neu einzustellenden TUR-Wert sein. Besonders vorteilhaft ist es wieder, wenn das SLZ die Korrektur auf dem Zeitmaster bestimmt. Dann kann der Korrekturwert z. B. der neue TUR-Wert sein.
- Das SLZ bestimmt im Zeitmaster den neuen TUR-Wert und benutzt diesen ab der folgenden Runde.
- Alle anderen Knoten dieses Busses folgen dem Zeitmaster über die TTCAN-Synchronisation.

Das Verfahren kann wieder anhand Figur 4 erläutert werden, wobei der Ablauf im wesentlichen gleich ist, nur nicht mit der global time, sondern mit der cycle time, also nicht mit der globalen Zeit, sondern der Zykluszeit. Deshalb wird hier auf die vorhergehenden Ausführungen zu Figur 4 verwiesen und nicht explizit erneut beschrieben.

Wiederum ein Beispiel:

Es gibt zwei Busse B1, B2. Die Synchronisierungsstrategie ist, dass B2 die Länge der NTUZ an die auf B1 gültige Länge anpassen muss. Im einfachsten Fall seien beide nominal gleich lang. Die Applikation (SLZ) des aktuellen Zeitmasters von B2 habe direkten Zugriff auf den Bus B1, und es soll der selbe Oszillator für B1 und B2 verwendet werden. Dann sind die NTUZs der beiden Busse B1 und B2 genau dann gleich lang, wenn der TUR-Wert dieses Knotens bezüglich B1 gleich dem TUR-Wert dieses Knotens bezüglich B2 ist. Das SLZ muss also den TUR-Wert bezüglich B1 als TUR-Wert bezüglich B2 verwenden.

Im Prinzip gleich kann die Situation behandelt werden, wenn die NTUZs beider Busse ein beliebiges Verhältnis zueinander haben. In Hardware ist es dann wieder vorteilhaft, wenn das Verhältnis bzw. der Kehrwert ganzzahlig, insbesondere eine Zweierpotenz ist. Wird nicht der selbe Zeitgeber, insbesondere Oszillator, für beide Busse verwendet, gibt es wieder die vorgenannte Möglichkeit die Differenz der globalen Zeiten der beiden Busse wenigstens zwei Mal bzw. periodisch hintereinander zu messen und aus dem Vergleich zwischen der beobachteten Änderung der Differenz und der nominalen Änderung der Differenz einen Korrekturfaktor zu berechnen. Diese Möglichkeit ist ebenfalls wieder gegeben, wenn der aktuelle Zeitmaster nicht Zugriff auf beide Busse hat. Alternativ kann das SLZ die Länge eines Basiszyklus aus

einem Bus in Einheiten des anderen Busses messen und daraus den Korrekturwert bestimmen.

BZ) Phasenangleich

- Das SLZ misst wiederum den Phasenunterschied zwischen zwei Zeiten auf zwei Bussen und bestimmt für jeden der zwei Busse den einzustellenden Sprung bzw. die Änderung. Das SLZ teilt den beiden aktuellen Zeitmastern der beiden Busse den jeweilig einzustellenden Sprung mit.
- Ein Zeitmaster, der einen Sprung einzustellen hat, setzt wiederum ein vorgegebenes Bit, hier insbesondere das Next_is_Gap-Bit des TTCAN (siehe ISO Draft) in der Referenznachricht. Er erhält vom lokalen SLZ den Startzeitpunkt des nächsten Basiszyklus (basic cycle).
- Nach dem erfolgreichen Senden dieser Referenznachricht bzw. Nachrichten auf gegebenenfalls beiden Bussen sind die Zykluszeitphasen der beiden Busse aufeinander synchronisiert.

Dies ist wieder wie oben bereits beschrieben mit Figur 5 darstellbar, wobei statt der globalen Zeit die Zykluszeit eingesetzt wird sowie das Next_is_Gap-Bit verwendet wird. Diese gewünschte Phase kann hier 0 sein, d. h. auf beiden Bussen beginnt der Basiszyklus zur gleichen Zeit. Dies ist aber keinesfalls notwendig. Es ist nicht notwendig, dass die NTUZs, also die Zeiteinheiten der Zykluszeit, auf den zu synchronisierenden Bussen gleich sind.

Besonders einfach und nützlich ist es aber, wenn die (nominalen) NTUZs zwischen zwei gekoppelten Bussen sich nur um einen ganzzahligen Faktor, insbesondere vorteilhafter Weise Zweiterpotenzen, unterscheiden.

Es ist weiterhin nicht notwendig, dass die Zykluslängen der zu synchronisierenden Busse gleich sind. Besonders nützlich wird das vorgeschlagene Verfahren allerdings, wenn die (nominalen) Zykluslängen zweier Busse in einem rationalen Verhältnis zueinander stehen, das nicht zu große natürliche Zahlen verwendet, da dann regelmäßig in leicht nachvollziehbarer Form von einer festen Phase gesprochen werden kann. Beispiel: Auf einem Bus B1 laufen zwei (nominale) Zyklen ab, während auf einem anderen Bus B2 drei ablaufen. Dann besteht alle zwei Zyklen auf B1 (drei Zyklen auf B2) eine theoretisch feste Phasenlage zwischen B1 und B2.

Insbesondere bei mehr als zwei Bussen ist es hierbei vorteilhaft, wenn bei einer solchen paarweisen Synchronisierung zweier Busse der Sprung nur auf einem der beiden Busse stattfindet, d. h. einer der beiden Busse eine Masterrolle für die Phase der Zykluszeit einnimmt. D. h. die Aneinanderreihung der Basiszyklen auf dem ersten Bus bleibt unverändert, während auf dem zweiten Bus ein Gap, also eine Lücke zwischen zwei Basiszyklen eingefügt wird, das gerade so groß ist, dass die gewünschte Phase eingestellt wird. In diesem Fall kann man mehr als zwei Busse problemlos sukzessive über die paarweise Synchronisierung aufeinander synchronisieren, ohne dass die Synchronisierung eines Paares auf die eines anderen einen, insbesondere komplizierten, Einfluss hat.

Beispiel:

Es gibt fünf Busse, B1 bis B5 im System. Synchronisierbare Paare seien (B1, B2), (B1, B3), (B2, B4), (B3, B5). Wenn B1 der Master für B2 und B3 ist, B2 der für B4 und B3 der für B5, dann führt die paarweise Synchronisierung (B2 und B3 synchronisieren sich erst auf B1, dann B4 auf B2 und B5 auf

B3) innerhalb von zwei Runden zur systemweiten Synchronisierung.

Im gleichen System könnte man die Synchronisierung auch ohne Masterprinzip durchführen. Dann muss allerdings das SLZ sicherstellen, dass einmal synchronisierte Busse auch synchronisiert bleiben, d. h. ein Sprung bzw. eine Korrektur auf einem Bus auch auf allen Bussen, die zu diesem synchronisiert sind, stattfindet.

Darüber hinaus ist es vorteilhaft (aber nicht notwendig), wenn der Zeitmaster eines zu synchronisierenden Busses auch direkt Zugang zum entsprechenden Partnerbus hat. In diesem Fall kann das SLZ nur auf den potentiellen Zeitmastern eines Busses eingerichtet werden, d. h. die Mitteilung des SLZ über die Höhe des einzustellenden Sprungs bzw. der einzustellenden Korrektur entfällt bzw. wird sehr einfach.

CZ) Phasenangleich durch Frequenzverschiebung

Wiederum alternativ zum Mechanismus diesmal in Punkt BZ), besteht auch hier die Möglichkeit durch längerfristige Veränderung der Geschwindigkeit wie in Punkt AZ) einen Phasenangleich zu erzielen. Das prinzipielle Vorgehen ist genau das gleiche wie in Punkt AZ) beschrieben. Ziel ist es in diesem Fall aber nicht, die NTUZs des anzupassenden Busses genau dem dortigen Zielwert anzupassen, sondern diese NTUZs etwas zu verlängern oder zu verkürzen, so dass die anzupassende Uhr etwas langsamer oder schneller inkrementiert wird und somit über längere Zeit hinweg ein Phasenangleich erzielt wird.

DZ) Beibehaltung des synchronisierten Zustands

Nach einem Phasenangleich wie in BZ) oder CZ) gibt es verschiedene Möglichkeiten, den synchronisierten Zustand zu erhalten, wie dies bereits im Punkt D) der Synchronisierung der globalen Zeit beschrieben ist:

- Wiederholung des Phasenangleichs, sobald die beobachtete Phase einen bestimmten Wert übersteigt.
- Anpassung der Frequenz, wie in AZ) bzw. A) oder eine Kombination der beiden Möglichkeiten.

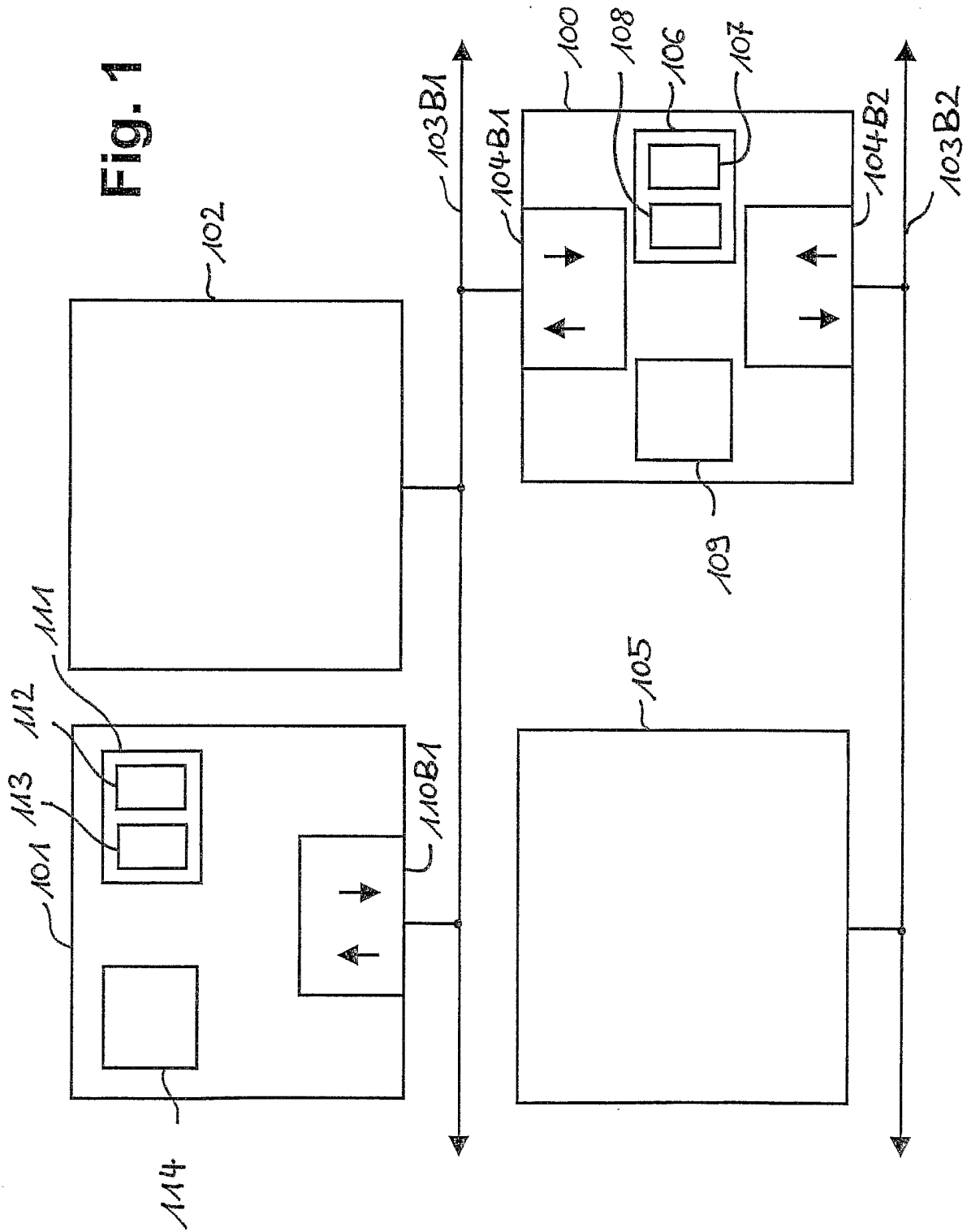
Da bei der Methode in AZ) oder A) die Frequenzanpassung typischerweise eine Runde später geschieht als eine entsprechende Frequenzänderung beim Masterbus, kann es selbst bei einer sehr genauen Übereinstimmung der Frequenzen der beteiligten Busse zu einem Aufsammeln einer Differenz führen. In diesem Fall muss ab und zu ein kleiner Phasenangleich oder eine Kompensation durch eine bewusst nicht genau übereinstimmende Frequenz erfolgen. Die Verwendung kann wie bei der Synchronisierung der globalen Zeit über ein Debug-Instrument angezeigt werden oder es wird das Verhalten auf dem Bus mit Busmonitoring analysiert.

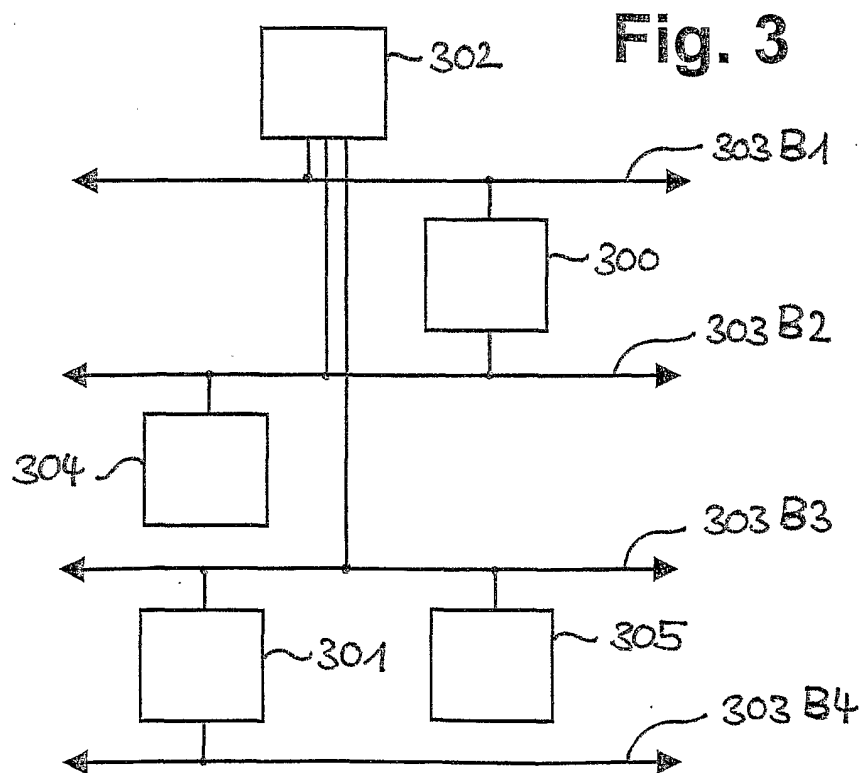
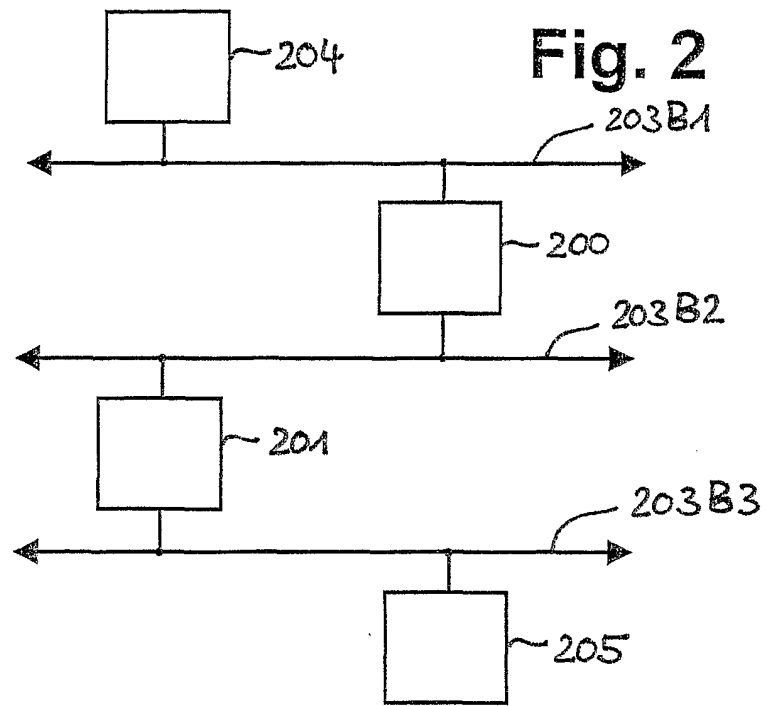
Ansprüche

1. Bussystem bestehend aus wenigstens zwei Datenbussen, wobei der erste Datenbus eine erste Anzahl von Teilnehmern aufweist und der zweite Datenbus eine zweite Anzahl von Teilnehmern aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass als Datenbusse wenigstens zwei TTCAN-Busse verwendet werden, die miteinander durch gleichzeitig mit beiden TTCAN-Bussen in Verbindung stehende Teilnehmer derart verbunden sind, dass weniger Teilnehmer als die Summe der Anzahl der Teilnehmer des ersten TTCAN-Busses und der Anzahl der Teilnehmer des zweiten TTCAN-Busses gleichzeitig mit beiden TTCAN-Bussen in Verbindung stehen, wobei Mittel enthalten sind, durch welche abhängig von der Anzahl der Teilnehmer, die mit den wenigstens zwei TTCAN-Bussen gleichzeitig verbunden sind eine skalierbare Fehlertoleranz im Bussystem erzeugt wird.
2. Bussystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die TTCAN-Busse als wenigstens ein gekoppeltes Paar von Datenbussen durch wenigstens einen Teilnehmer miteinander verbunden sind.
3. Bussystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel (SL, SLZ) vorgesehen sind, durch welche eine

Synchronisierung der wenigstens zwei TTCAN-Busse durchgeführt wird.

4. Bussystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die ersten Mittel derart ausgestaltet sind, dass die globale Zeit bei wenigstens einem gekoppelten Paar von TTCAN-Bussen synchronisiert wird.
5. Bussystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die ersten Mittel derart ausgestaltet sind, dass die Zykluszeit bei wenigstens einem gekoppelten Paar von TTCAN-Bussen synchronisiert wird.





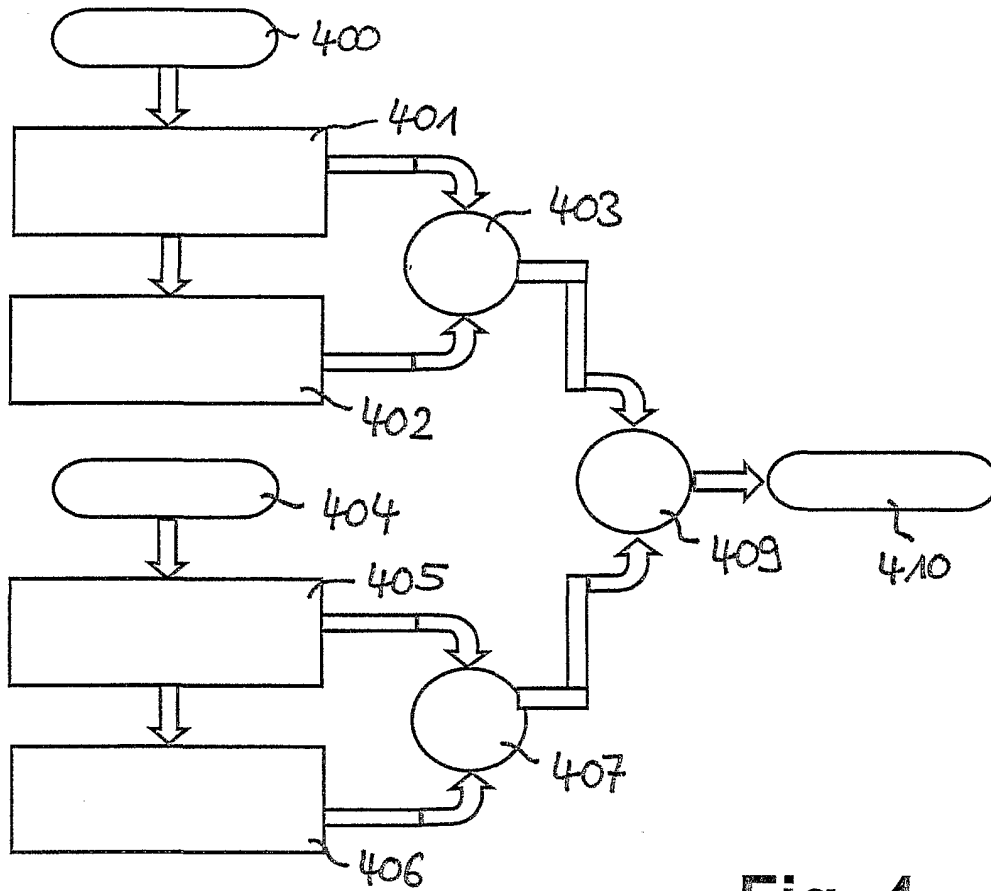


Fig. 4

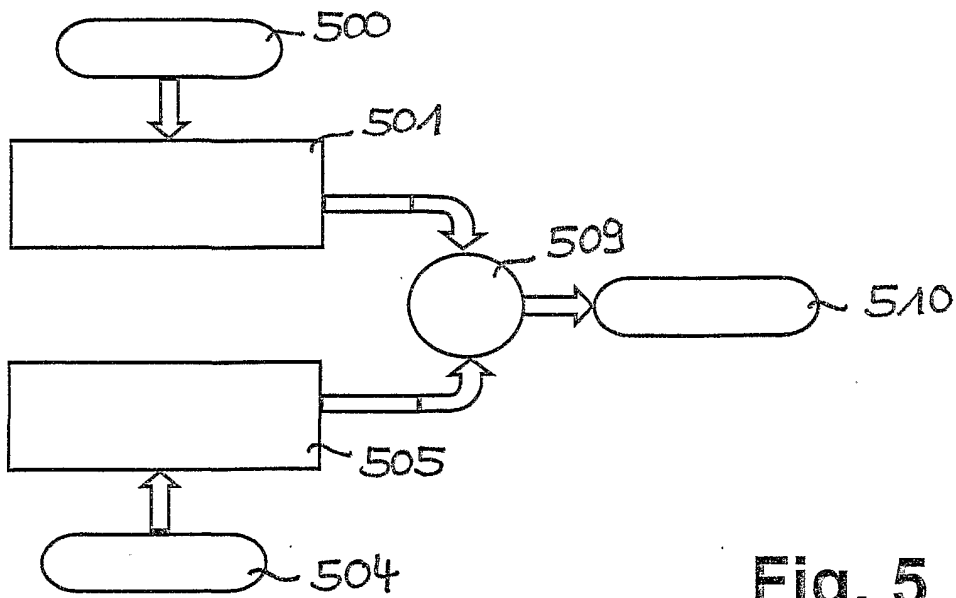


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE 02/00919

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G06F13/40 G06F13/42

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)
IPC 7 G06F

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 practical, search terms used)
EPO-Internal, PAJ, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 00 07335 A (SIEMENS AG) 10 February 2000 (2000-02-10) page 3, line 10 - line 21 page 9, line 8 - line 18 claim 2; figure 2	1-5
Y	US 6 202 115 B1 (KHOSROWPOUR FARZAD) 13 March 2001 (2001-03-13) abstract; figure 1 column 1, line 51 - line 61 column 2, line 21 - line 23 column 3, line 15 - line 20 column 3, line 65 - column 4, line 5 column 6, line 50 - column 7, line 17; figure 4	1-5

Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in 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 document 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.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 11 July 2002	Date of mailing of the international search report 23/07/2002
---	--

Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Albert, J
--	-------------------------------------

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 International Application No
 PCT/DE 02/00919

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 387 769 A (KUPERSMITH BERTRAM F ET AL) 7 February 1995 (1995-02-07) abstract; figure 2 ----	1-5
A	EKIZ H ET AL: "Design and implementation of a CAN/CAN bridge" PARALLEL ARCHITECTURES, ALGORITHMS, AND NETWORKS, 1996. PROCEEDINGS., SECOND INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BEIJING, CHINA 12-14 JUNE 1996, LOS ALAMITOS, CA, USA, IEEE COMPUT. SOC, US, 12 June 1996 (1996-06-12), pages 507-513, XP010166830 ISBN: 0-8186-7460-1 paragraph '0002! ----	1-5
P,A	DE 100 00 302 A (BOSCH GMBH ROBERT) 12 July 2001 (2001-07-12) cited in the application ----	
P,A	DE 100 00 303 A (BOSCH GMBH ROBERT) 12 July 2001 (2001-07-12) cited in the application ----	
P,A	DE 100 00 304 A (BOSCH GMBH ROBERT) 12 July 2001 (2001-07-12) cited in the application ----	
P,A	DE 100 00 305 A (BOSCH GMBH ROBERT) 12 July 2001 (2001-07-12) cited in the application -----	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 02/00919

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 0007335	A	10-02-2000	US 6292862 B1	18-09-2001
			WO 0007335 A2	10-02-2000
			EP 1101329 A2	23-05-2001
US 6202115	B1	13-03-2001	NONE	
US 5387769	A	07-02-1995	JP 7053144 A	28-02-1995
DE 10000302	A	12-07-2001	DE 10000302 A1	12-07-2001
			WO 0150677 A2	12-07-2001
DE 10000303	A	12-07-2001	DE 10000303 A1	12-07-2001
			EP 1115219 A2	11-07-2001
			JP 2001251329 A	14-09-2001
			US 2001018720 A1	30-08-2001
DE 10000304	A	12-07-2001	DE 10000304 A1	12-07-2001
			EP 1115220 A2	11-07-2001
			JP 2001223720 A	17-08-2001
			US 2001021196 A1	13-09-2001
DE 10000305	A	12-07-2001	DE 10000305 A1	12-07-2001
			WO 0152074 A1	19-07-2001

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 02/00919

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 G06F13/40 G06F13/42

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 IPK 7 G06F

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, PAJ, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	WO 00 07335 A (SIEMENS AG) 10. Februar 2000 (2000-02-10) Seite 3, Zeile 10 - Zeile 21 Seite 9, Zeile 8 - Zeile 18 Anspruch 2; Abbildung 2 ---	1-5
Y	US 6 202 115 B1 (KHOSROWPOUR FARZAD) 13. März 2001 (2001-03-13) Zusammenfassung; Abbildung 1 Spalte 1, Zeile 51 - Zeile 61 Spalte 2, Zeile 21 - Zeile 23 Spalte 3, Zeile 15 - Zeile 20 Spalte 3, Zeile 65 - Spalte 4, Zeile 5 Spalte 6, Zeile 50 - Spalte 7, Zeile 17; Abbildung 4 --- -/--	1-5

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, 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 anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- *Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
11. Juli 2002	23/07/2002

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Albert, J
---	--

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE 02/00919

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 387 769 A (KUPERSMITH BERTRAM F ET AL) 7. Februar 1995 (1995-02-07) Zusammenfassung; Abbildung 2 ---	1-5
A	EKIZ H ET AL: "Design and implementation of a CAN/CAN bridge" PARALLEL ARCHITECTURES, ALGORITHMS, AND NETWORKS, 1996. PROCEEDINGS., SECOND INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BEIJING, CHINA 12-14 JUNE 1996, LOS ALAMITOS, CA, USA, IEEE COMPUT. SOC, US, 12. Juni 1996 (1996-06-12), Seiten 507-513, XP010166830 ISBN: 0-8186-7460-1 Absatz '0002! ---	1-5
P,A	DE 100 00 302 A (BOSCH GMBH ROBERT) 12. Juli 2001 (2001-07-12) in der Anmeldung erwähnt ---	
P,A	DE 100 00 303 A (BOSCH GMBH ROBERT) 12. Juli 2001 (2001-07-12) in der Anmeldung erwähnt ---	
P,A	DE 100 00 304 A (BOSCH GMBH ROBERT) 12. Juli 2001 (2001-07-12) in der Anmeldung erwähnt ---	
P,A	DE 100 00 305 A (BOSCH GMBH ROBERT) 12. Juli 2001 (2001-07-12) in der Anmeldung erwähnt -----	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 02/00919

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 0007335	A	10-02-2000	US 6292862 B1	18-09-2001
			WO 0007335 A2	10-02-2000
			EP 1101329 A2	23-05-2001
US 6202115	B1	13-03-2001	KEINE	
US 5387769	A	07-02-1995	JP 7053144 A	28-02-1995
DE 10000302	A	12-07-2001	DE 10000302 A1	12-07-2001
			WO 0150677 A2	12-07-2001
DE 10000303	A	12-07-2001	DE 10000303 A1	12-07-2001
			EP 1115219 A2	11-07-2001
			JP 2001251329 A	14-09-2001
			US 2001018720 A1	30-08-2001
DE 10000304	A	12-07-2001	DE 10000304 A1	12-07-2001
			EP 1115220 A2	11-07-2001
			JP 2001223720 A	17-08-2001
			US 2001021196 A1	13-09-2001
DE 10000305	A	12-07-2001	DE 10000305 A1	12-07-2001
			WO 0152074 A1	19-07-2001