

(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
5. April 2012 (05.04.2012)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/042017 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:

H04L 12/41 7 (2006.01) *H04L 12/26* (2006.01)
H04L 29/06 (2006.01) *G04G 5/00* (2006.01)
H04L 12/56 (2006.01) *G04G 7/00* (2006.01)
H04L 12/58 (2006.01) *H04J 3/06* (2006.01)

HORTIG, Michael [DE/DE]; Falkenstrasse 17, 63263 Neu-Isenburg (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/067103

(74) **Anwalt: STOFFREGEN, Hans-Herbert**; Friedrich-Ebert-Anlage 11b, 63450 Hanau (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:

30. September 2011 (30.09.2011)

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, 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.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2010 037 906.9
30. September 2010 (30.09.2010) DE

(71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **SCHNEIDER ELECTRIC AUTOMATION GMBH** [DE/DE]; Steinheimer Strasse 117, 63500 Seligenstadt (DE).

(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, MD, 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,

(72) **Erfinder; und**

(75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **KAEMMERER, Ulrich** [DE/DE]; Ahornweg 17, 63263 Neu-Isenburg (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** METHOD AND SYSTEM FOR RECORDING, SYNCHRONIZING AND ANALYSING DATA BY MEANS OF ANALYSIS DEVICES WHICH ARE SPATIALLY DISTRIBUTED IN A COMMUNICATION NETWORK

(54) **Bezeichnung :** VERFAHREN UND SYSTEM ZUR AUFZEICHNUNG, SYNCHRONISATION UND ANALYSE VON DATEN MITTELS IN EINEM KOMMUNIKATIONSNETZWERK RÄUMLICH VERTEILTER ANALYSE-GERÄTE

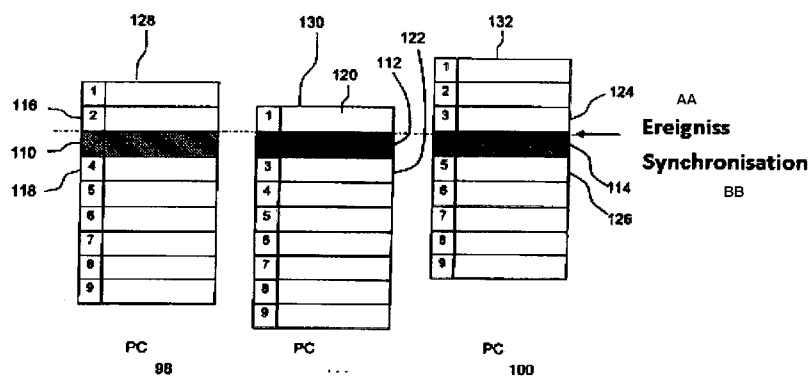


Fig. 3

AA Event
BB Synchronization

(57) **Abstract:** The invention relates to a method and a system for recording, synchronizing and analysing data transmitted between spatially distributed devices (56, 78, 80, 58) of a communication network (60, 62), such as a real-time Ethernet network, by means of spatially distributed analysis devices (72, 88), wherein the data are received by at least two analysis devices (72, 88) looped into the communication network (60, 62), and wherein the received data are marked by means of a synchronization signal which is simultaneously received by the analysis devices (72, 88). In order to simplify the recording, synchronization and analysis of data by means of spatially distributed analysis devices, provision is made for the analysis devices (72,88) to store data frames of the received data in data files, wherein each received data frame is marked with a time stamp of a local time of the receiving analysis device (72, 88), and wherein time synchronization events are produced by means of the received synchronization signal in each of the analysis devices (72, 88) and, while recording the data files in each of the analysis devices(72, 88), are simultaneously

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2012/042017 A2



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

Veröffentlicht:
— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

inserted as pseudo frames (110, 112, 114) between the received data frames for subsequent synchronization, for the local time stamp contained in the data frames to be compared with the inserted time synchronization events, for a specific item of information from the respective analysis device to be coded as additional information in each data frame, for the individual data files received by the individual analysis devices during the measurement to be combined with respect to the simultaneous time synchronization events, and for the data frames recorded by the analysis devices to be in the correct order in terms of time.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und ein System zur Aufzeichnung, Synchronisation und Analyse von zwischen räumlich verteilten Geräten (56, 78, 80, 58) eines Kommunikationsnetzwerkes (60, 62) wie Real-Time-Ethernet-Netzwerk übertragenen Daten mittels räumlich verteilter Analyse-Geräte (72, 88), wobei die Daten von zumindest zwei in das Kommunikationsnetzwerk (60, 62) eingeschleiften Analyse-Geräten (72, 88) empfangen werden und wobei die empfangenen Daten mittels eines von den Analyse-Geräten (72, 88) simultan empfangenen Synchronisationssignals markiert werden. Um die Aufzeichnung, Synchronisation und Analyse von Daten mittels räumlich verteilter Analyse-Geräte zu vereinfachen, ist vorgesehen, dass die Analyse-Geräte (72,88) Daten-Frames der empfangenen Daten in Daten-Files speichern, wobei jeder empfangene Daten-Frame mit einem Zeitstempel einer lokalen Zeit des empfangenden Analyse-Gerätes (72, 88) markiert wird und wobei mittels des empfangenen Synchronisationssignals in jedem der Analyse-Geräte (72, 88) Zeitsynchronisations-Ereignisse erzeugt werden, welche während der Aufzeichnung der Daten-Files in jedem der Analyse-Geräte (72, 88) simultan als Pseudo-Frames (110, 112, 114) zwischen die empfangenen Daten-Frames zur späteren Synchronisation eingefügt werden, dass ein Abgleich des in den Daten-Frames enthaltenen lokalen Zeitstempels in Bezug zu den eingefügten Zeitsynchronisations-Ereignissen erfolgt, dass eine spezifische Information des jeweiligen Analyse-Gerätes als Zusatzinformation in jedes Daten-Frame codiert wird, dass die bei der Messung von den einzelnen Analyse-Geräten empfangenen individuellen Daten-Files in Bezug zu den simultanen Zeitsynchronisations-Ereignissen derart zusammengefasst werden und dass die von dem Analyse-Geräten erfassten Daten-Frames in zeitlich richtiger Reihenfolge liegen.

Verfahren und System zur Aufzeichnung, Synchronisation und Analyse von Daten mittels in einem Kommunikationsnetzwerk räumlich verteilter Analyse-Geräte

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Aufzeichnung, Synchronisation und Analyse von Daten mittels in einem Kommunikationsnetzwerk wie Real-Time-Ethernet-Netzwerks räumlich verteilter Analyse-Geräte nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie auf ein System zur Durchführung des Verfahrens nach dem Oberbegriff des Anspruchs 5.

Ein Verfahren und ein System zur Aufzeichnung, Synchronisation und Analyse von Daten ist in dem Aufsatz Jaime J. Garnica u.a.: „ARGOS: A GPS-Time-Synchronized Network Interface Card based on NetFTGA”; High Performance Computing and Networking Group Universidad Autonoma de Madrid; November 2009 beschrieben.

Der Aufsatz ist auch verfügbar unter Garnica, Jaime, J. u.a.: „ARGOS: A GPS-Time-Synchronized Network Interface Card based on NetFTGA”; High Performance Computing and Networking Group Universidad Autonoma de Madrid; NetFPGA Developers Workshop August 12-13, 2010 in Verbindung mit Agende NetFPGA Developers Workshop August 12-13, 2010 (<http://netfpga.org/foswiki/bin/view/NetFPGA/OneGig/DevWorkshop10>).

In dem Aufsatz wird eine NetFTGA-basierte Netzwerk-Interface-Karte beschrieben, die eine transparente GPS-Zeit-Synchronisation zur Verfügung stellt. Die Karte ermöglicht eine genaue Zeitstempelung empfangener Pakete und das Aussenden von Pakethäufungen (Burst of Packets) mit präzisiertem Abstand.

Das bekannte Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass empfangene Daten-Frames in einen Speicher abgelegt werden. Sobald ein Daten-Frame in dem Speicher gespeichert werden soll, wird dieser zunächst mittels eines Timing-Moduls mit einem Zeitstempel der absoluten Zeit des empfangenen GPS-Signals markiert und sodann abgespeichert.

Die Einfügung eines Zeitstempels mit absoluter Zeit des empfangenen GPS-Signals ist allerdings mit erheblichem Aufwand verbunden.

In der Veröffentlichung „RFC: 793; TRANSMISSION CONTROL PROTOCOL, DARPA INTERNET PROGRAM PROTOCOL SPECIFICATION“, September 1981, Information Sciences Institute University Southern of California, wird ein DoD Standard Transmissions-Steuerungsprotokoll (TCP) beschrieben. Die Internetprotokolle TCP/IP werden in Ihren Grundzügen beschrieben, woraus der Fachmann entnimmt, dass die Datenpakete bei einer TCP-Übertragung beim Empfänger wieder in die richtige zeitliche Reihenfolge gebracht werden. Dazu enthält der TCP-Protokoll-Kopf ein Datenfeld mit einer sogenannten „Sequenz-Number“, deren Wert für jedes weitere Datenpaket erhöht wird.

In der Veröffentlichung „RFC: 3550; Network Working Group H. Schulzrinne, Columbia University bzw. RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications“, July 2003, wird die Funktion der Wiederherstellung einer Reihenfolge mittels einer „Sequenz-Number“ beschrieben.

Die DE-A-10 2008 010 536 bezieht sich auf eine Schaltungsanordnung und ein Verfahren zur Synchronisation von Uhren in einem Netz mit einer Vielzahl von zumindest zwei Knoten, wobei zumindest zwei dieser Knoten miteinander kommunizieren können und jeweils eine lokale Uhr aufweisen.

In einem empfangenden dieser Knoten wird von zumindest einem sendenden anderen solcher Knoten eine von diesem sendenden Knoten ausgehende globale Uhrzeit des sendenden Knoten empfangen.

Abhängig von sowohl der empfangenden globalen Uhrzeit des sendenden Knotens als auch einer lokalen Uhrzeit der eigenen lokalen Uhr des empfangenden Knotens wird eine globale Uhrzeit dieses empfangenden Knotens bestimmt oder geschätzt.

Die DE-T-602 11 157 bezieht sich auf ein synchrones Abspielen von Medien-Paketen. Dies umfasst das Aussenden von zeitlich gekennzeichneten Mediendatenpaketen an eine oder mehrere empfangende Mediensenken, wobei die Zeitkennzeichnung auf den Zeitpunkt zum Erzeugen des entsprechenden Mediendatenpaketes hinweist, Bestimmen eines Abspielzeitversatzes einmal für alle Mediendatenpakete einer Periode und Aussenden des Abspielzeitversatzes an die eine oder mehreren Mediendaten senke (M) einmal für alle Mediendatenpakete einer Periode.

Ferner sind in dem Benutzerhandbuch „Net Analyzer NANL-C500-RE und NANL-500RE“ der Hilscher Gesellschaft für Systemautomation mbH, Doc091110UM07DE, 2007-003, www.hilscher.com“ Analyse-Geräte sowie Analyse-Karten beschrieben, die als passive Komponenten in Real-Time-Ethernet-Systemen arbeiten, um den Datenverkehr aufzuzeichnen und zu analysieren.

Um einen Datentransfer einer Kommunikationsstrecke zwischen zwei Feldgeräten zu analysieren, müssen diese mit demselben Analyse-Gerät verbunden sein.

Zur Aufzeichnung der Daten können verschiedene Modi verwendet werden.

In einem Datenaufzeichnungs-Modus (Capture Data) werden die Daten auf die Festplatte eines Analyse-PC's geschrieben. Die Datenaufzeichnung kann in der Betriebsart „Ethernet-Modus“ erfolgen, in dem Standard-Ethernet-Telegramme erfasst werden oder in der Betriebsart „Transparent-Modus“, in dem Ethernet-Telegramme einschließlich der Präambel und des SFD (Start of Frame Delimiter) erfasst werden.

Ferner kann die Datenaufzeichnung in einem „Timing-Analyse-Modus“ (Time Analysis) erfolgen, in dem keine Frame-Daten gespeichert, sondern ausschließlich Zeitstempel einzelner Frames analysiert werden, wobei eine Datenaufzeichnung nicht stattfindet.

Ein System 10 nach dem Stand der Technik ist rein schematisch in Fig. 1 dargestellt. Das System umfasst ein Kommunikationsnetzwerk 12 wie Real-Time-Ethernet-Netzwerk. Ein Sender-Gerät 14 ist über eine Datenleitung 16 mit einem Anschluss 18 eines ersten Kanals 20 eines Analyse-Gerätes 22 verbunden. Ein zweiter Anschluss 24 des ersten Kanals 20 ist über eine Datenleitung 26 mit einem Ethernet-Switch 28 verbunden, der ausgangsseitig über eine Datenleitung 30 mit einem Anschluss 32 eines zweiten Kanals 34 des Analysegerätes 22 verbunden ist. Ein Ausgang 36 des zweiten Kanals 34 ist über eine Datenleitung 38 mit einem Zielgerät 40 verbunden, an dessen Ausgang 42 ein Aktuator 44 angeschlossen ist. Der Ausgang 42 ist über eine Signalleitung 46 an einen Signaleingang 48 des Analyse-Gerätes 22 zurückgekoppelt. In bevorzugter Ausführungsform umfasst das Analyse-Gerät 22 einen Analyse-PC 52 mit einer Analyse-Karte 50.

Bei Analyse-Geräten mit zwei Aufzeichnungs-Kanälen zeichnet das Analyse-Gerät die Ethernet-Frames auf und fügt diesen Zeitstempel hinzu. Dazu wird das Analyse-Gerät bzw. die Analyse-Karte über zwei Patch-Kabel von einem der Testanschlusspunkte aus mit einem Ethernet-Anschluss der Feldgeräte verbunden. Die Datenaufzeichnung wird über eine Software konfiguriert bzw. gestartet. So erfassen das Analyse-Gerät und die Analyse-Software die Datenpakete der Kommunikationsstrecke, übertragen die Datenpakete und speichern diese vorzugsweise per DMA (Direct Memory Access) auf der Festplatte ab. Die abgelegten Dateien wie Binär-Dateien werden mittels Software in z. B. das offene Win Pcap konvertiert, welches mit z. B. Wireshark analysiert werden kann. Zusätzlich bietet das Analyse-Geräte bzw. die Analyse-Karte die Möglichkeit, an bis zu vier digitalen Eingängen zusätzlich Ereignisse zu erfassen. An den digitalen Eingängen erzeugen die Eingangssignale einen speziellen Ethernet-Frame in dem Analyse-Gerät bzw. der Analysekarte, welcher von der Analyse-Karte erzeugt und auf der Festplatte gespeichert wird. Die Zeitauflösung liegt im nsec-Bereich.

Derartige Analyse-Geräte werden beispielsweise zur Messung der Latenz-Zeit von Multiport-Geräten mit einer hohen Genauigkeit eingesetzt (Verzögerung zwischen Netzwerk-Eingang und einem Netzwerk-Ausgang eines unterschiedlichen Ports) oder zur Messung einer Zeit zwischen einem elektrischen Eingangssignal eines Prozesses und einem Ethernet-Frame, welcher Informationen überträgt oder umgekehrt.

Die Analyse-Karten 50 können zwar von einer Vielzahl über das zu analysierende Netzwerk 12 verteilter Analyse-PC's 52 aufgenommen werden, wobei in jedem individuellen Analyse-PC 52 die Analyse-Karte 50 die absolute Zeit des Analyse-PC's 52 bei Programmstart annehmen würde. Auch müssen die Daten-Files durch die Analyse-Karte 50 und durch deren internen Takt mit hoher Auflösung mit einem Zeitstempel versehen und zur Auswertung an den Analyse-PC übertragen werden.

Bei der Analyse des Datenverkehrs räumlich verteilter Geräte oder Netzwerke, zum Beispiel WLAN, ist es nicht möglich, den Datenverkehr zwischen Geräten in räumlich verteilten Netzwerken mittels eines einzelnen Analyse-Gerätes zu erfassen. Wenn die Datenerfassung durch Verwendung individueller Analyse-Geräte, normalerweise PCs, ausgeführt wird, müssen die resultierenden Mehrfach-Daten-Files in ein globales Daten-File zusammengefasst werden.

Die Anforderungen für die Zeitauflösung liegen im μsec -Bereich. PCs, die Standard-Betriebssysteme verwenden, können nur im Bereich von etwa 10 msec synchronisiert werden.

Wie zuvor beschrieben, kann die Synchronisation der individuellen Analyse-Geräte, welche die absolute Zeit bereitstellen, jedoch nicht mit der gewünschten Genauigkeit erreicht werden.

Davon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren und ein System der eingangs genannten Art derart weiterzubilden, dass eine Aufzeichnung, Synchronisation und Analyse von Daten mittels räumlich verteilter Analyse-Geräte vereinfacht wird.

Zur Lösung der Aufgabe wird u. a. ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie ein System mit den Merkmalen des Anspruchs 5 vorgeschlagen.

Der Erfindung liegt die Idee zugrunde, die unterschiedlichen absoluten Zeiten der Analyse-Geräte zu ignorieren und die Synchronisation auf die resultierenden Daten-Files zu übertragen. Um dies zu erreichen empfangen alle Analyse-Geräte simultan ein Synchronisationssignal zur Auslösung von Zeitsynchronisations-Ereignissen, welche die Analyse-Geräte jeweils während der Aufzeichnung von Datenframes eines Daten-Files als „Pseudo-Frame“ zwischen die Datenframes einfügen.

Das Zeitsynchronisations-Ereignis ist vorzugsweise ein „Pseudo-Frame“, welches beim Empfang von Daten-Frames durch die einzelnen Analyse-Geräte simultan, d. h. unabhängig von der lokalen Zeit des Analysegeräts zwischen die empfangenen Daten-Frames eingefügt wird. Das „Pseudo-Frame“ kann bei der Analyse der erfassten Daten-Files mittels z. B. Wireshark erkannt und zur Synchronisation der Vielzahl von Daten-Files der verteilten Analyse-Geräte verwendet werden.

Die Erfindung verwendet als Analyse-Gerät vorzugsweise einen Analyse-PC wie Personal Computer mit einsteckbarer Analyse-Karte, welche zumindest einen digitalen Eingang aufweist, an dem das Synchronisationssignal eingespeist wird, mittels dem zusätzliche Ereignisse in Form von „Pseudo-Frames“ in das Daten-File, d.h. zwischen Daten-Frames des Daten-Files eingefügt werden. Die Zeitauflösung liegt im nsec-Bereich.

Vorzugsweise ist ein Funkempfänger an den digitalen Signaleingang jeder Analyse-Karte angeschlossen. Der Funkempfänger empfängt das Synchronisationssignal, welches entweder durch einen spezifischen, eigenen Funk-Transmitter oder durch einen öffentlich verfügbaren Signalsender, wie beispielsweise einen Zeitsignalsender (DCF) oder einen Positionssignalsender wie GPS-Sender (Global Position System) gesendet wird.

Die Wahl der Transmitter beeinflusst die erreichbare Genauigkeit. Vorzugsweise wird das DCF-Signal verwendet, da dies die einfachste Implementation darstellt.

Bei Verwendung von DCF wird jede Sekunde ein Synchronisationssignal gesendet, welches ein Zeitsynchronisations-Ereignis auslöst um einen „Pseudo-Frame“ in das Daten-File, d.h. zwischen die Daten-Frames einzufügen. Da das DCF-Signal die Sekunde 59 jeder Minute ausblendet, kann dies für eine grobe Synchronisation verwendet werden. Daraus ergibt sich, dass die Anforderung für eine gemeinsame Zeitsynchronisation in allen beteiligten Analyse-PCs lediglich besser als 1 Minute sein muss.

Aus Obigem ergibt sich, dass diese Zeitsynchronisations-Ereignisse synchron bzw. simultant in die verschiedenen Daten-Files eingefügt werden und dass die Synchronisation der verschiedenen Daten-Files bei der Analyse dieser erfolgt.

Das beschriebene Verfahren erlaubt die Erfassung von Ethernet-Frames in einem räumlich verteilten Netzwerk, welches weiter verteilt ist, als es ein leitungsbasiertes Messsystem erlauben würde. Durch Verwendung einer öffentlich verfügbaren Zeitbasis kann eine hohe Genauigkeit mit geringem Aufwand erreicht werden.

Die Notwendigkeit, einen absoluten Zeitstempel zu erhalten, welche einen großen Aufwand erfordert, wird durch eine viel einfachere Ausführung zur Erzeugung und Verarbeitung zeitgleicher Signale ersetzt.

Hauptfehlerquellen können durch eine symmetrische Implementierung sämtlicher Messpunkte (gemeinsames Synchronisations-Signal, identische Empfänger, identische Analyse-Karten) eliminiert werden. Verbleibende Fehlerquellen können im Voraus gewichtet werden und somit durch Berechnungen eliminiert werden (z. B. Signal-Ausbreitung aufgrund von unterschiedlichen Entfernungen von dem Transmitter $300 \text{ m} = 1 \text{ } \mu\text{sec}$, Pulsverzögerungen innerhalb des Empfängers).

Weitere Einzelheiten, Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich nicht nur aus den Ansprüchen, den diesen zu entnehmenden Merkmalen - für sich und/oder in Kombination-, sondern auch aus der nachfolgenden Beschreibung von bevorzugten Ausführungsbeispielen.

Es zeigen:

Fig. 1 ein System zur Aufzeichnung und Analyse von Datenverkehr zwischen Geräten eines drahtgebundenen Kommunikationsnetzwerkes,

Fig. 2 ein System zur Aufzeichnung und Analyse von Datenverkehr zwischen drahtlos miteinander gekoppelten Teilnetzwerken, und

Fig. 3 Datenfiles einzelner Analyse-PC's mit Event-Synchronisation.

Fig. 2 zeigt ein System 54 zur Aufzeichnung, Synchronisation und Analyse von Datenverkehr zwischen Geräten 56, 58 räumlich verteilter Netzwerke 60, 62, die über eine die Laufzeit der zu übertragenden Daten beeinflussende Kommunikationsstrecke 64 miteinander gekoppelt sind. Im beschriebenen Ausführungsbeispiel ist die Kommunikationsstrecke 64 als Funkstrecke ausgebildet. Die Kommunikationsstrecke 64 kann jedoch auch ein drahtgebundenes Kommunikationsnetz bzw. eine Kommunikationsstrecke sein, die eine Länge im Bereich $\gg 100$ m aufweist, die Laufzeitverzögerungen verursacht.

Das Teilnetzwerk 60 umfasst das Gerät 56, beispielsweise als Sendegerät, welches über eine Datenleitung 66 mit einem Eingang 68 eines Kanals 70 eines Analyse-Gerätes 72 verbunden ist. Ein Ausgang 74 des Kanals 70 ist über eine Datenleitung 76 mit einer drahtlosen Kommunikationseinheit 78 verbunden. Diese ist über die drahtlose Kommunikationsverbindung 64 mit einer drahtlosen Kommunikationseinheit 80 gekoppelt, welche über eine Datenleitung 82 mit einem Eingang 84 eines Kanals 86 eines Analysegerätes 88 des Teilnetzwerkes 62 verbunden ist. Ein Ausgang 90 des Kanals 86 ist

über eine Datenleitung 92 mit dem Gerät 58 als Zielgerät verbunden. Die Teilnetzwerke 60, 62 sind räumlich verteilt, beispielsweise mit einer Reichweite $R \gg 100$ m.

Das Analyse-Gerät 72, 88 umfasst vorzugsweise einen Analyse-PC 94, 96 sowie jeweils eine Analyse-Karte 98, 100, die als PC-Steckkarte ausgebildet ist und in den Analyse-PC 94, 96 eingesteckt ist. Ferner umfassen die Analyse-Karten 98, 100 jeweils einen Signaleingang 102, 104, welcher mit einem Funk-Empfänger 106, 108 zum Erfassen eines öffentlich verfügbaren Synchronisationssignals in Form eines DCF-Zeitsignals verbunden ist.

Mittels der Analyse-Geräte 72, 88 kann eine Verzögerungszeit der drahtlosen Übertragung zwischen den drahtlosen Kommunikationseinheiten 78, 80 als Verzögerungszeit $T_2 - T_1$ bestimmt werden. Dazu ist es notwendig, die Daten-Files der Analyse-PC 94, 96 oder die Analyse-Geräte 72, 88 zu synchronisieren.

Gemäß der Erfindung werden die unterschiedlichen absoluten Zeiten der Analyse-Geräte 72, 88 ignoriert und die Synchronisation auf die resultierenden Daten-Files 128, 130, 132 übertragen.

Die in dem System 54 verteilten Analyse-Karten 98, 100 empfangen über Ihre Funk-Empfänger 106, 108 simultan das Synchronisationssignal und erzeugen jeweils Zeitsynchronisations-Ereignisse 110, 112, 114, welche bei Datenaufzeichnung jeweils als „Pseudo-Frame“ 110, 112, 114 zwischen empfangene Daten-Frames 116, 118; 120, 122; 124, 126 eines Daten-Files 128, 130, 132 eingefügt werden wie dies in Fig. 3 (Event-Synchronisation) dargestellt ist.

Bei Verwendung des DCF-Signals als Synchronisationssignal wird das Zeitsynchronisations-Ereignis jede Sekunde in die Daten-Files 128, 130, 132 eingefügt. Da das DCF-Signal die 59. Sekunde jeder Minute ausblendet, kann dies für eine grobe Synchronisation verwendet werden. Somit ergibt sich, dass die Anforderung für eine gemeinsame Zeitsynchronisation von allen beteiligten Analyse-Geräten 72, 88 lediglich besser als 1 min sein muss.

Die Fig. 3 zeigt das Prinzip der Event-Synchronisation, wobei ein Zeitsynchronisations-Ereignis 110, 112, 114 in Form des „Pseudo-Frames“ synchron in das Daten-File eingefügt wird. Eine Synchronisation der Daten-Files erfolgt bei der Analyse der Daten.

Die von den Analyse-Karten 98, 100 erfassten Daten-Files werden auf einem Speichermedium des Analyse-PC's 94, 96 gespeichert, beispielsweise in einem PCAP-Format. Mittels einer Software werden die Zeitstempel der Daten-Frames innerhalb der Daten-Files, die von den jeweiligen Analyse-Karten erzeugt wurden, in Bezug auf die eingefügten Zeitsynchronisations-Ereignisse abgeglichen. Zusätzlich wird die Information der jeweiligen Analyse-Karte als Zusatzinformation in jeden Daten-Frame codiert. Dies ist notwendig, um die Quelle des Daten-Frames zu identifizieren, wenn die individuellen Daten-Files zusammengefasst werden. Diese Zusammenfassung ist der letzte Schritt der Programmausführung. Das resultierende Daten-File enthält nun sämtliche Daten-Frames von allen Analyse-Karten 98, 100 in der zeitlich richtigen Reihenfolge.

Verfahren und System zur Aufzeichnung, Synchronisation und Analyse von Daten mittels in einem Kommunikationsnetzwerk räumlich verteilter Analyse-Geräte

1. Verfahren zur Aufzeichnung, Synchronisation und Analyse von zwischen räumlich verteilten Geräten (56, 78, 80, 58) eines Kommunikationsnetzwerkes (60, 62) wie Real-Time-Ethernet-Netzwerk übertragenen Daten mittels räumlich verteilter Analyse-Geräte (72, 88), wobei die Daten von zumindest zwei in das Kommunikationsnetzwerk (60, 62) eingeschleiften Analyse-Geräten (72, 88) empfangen werden und wobei die empfangenen Daten mittels eines von den Analyse-Geräten (72, 88) simultan empfangenen Synchronisationssignals markiert werden, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**,
dass die Analyse-Geräte (72,88) Daten-Frames der empfangenen Daten in Daten-Files speichern, wobei jeder empfangene Daten-Frame mit einem Zeitstempel einer lokalen Zeit des empfangenden Analyse-Gerätes (72, 88) markiert wird und wobei mittels des empfangenen Synchronisationssignals in jedem der Analyse-Geräte (72, 88) Zeitsynchronisations-Ereignisse erzeugt werden, welche während der Aufzeichnung der Daten-Files in jedem der Analyse-Geräte (72, 88) simultan als Pseudo-Frames (110, 112, 114) zwischen die empfangenen Daten-Frames zur späteren Synchronisation eingefügt werden, dass ein Abgleich des in den Daten-Frames enthaltenen lokalen Zeitstempels in Bezug zu den eingefügten Zeitsynchronisations-Ereignissen erfolgt, dass eine spezifische Information des jeweiligen Analyse-Gerätes als Zusatzinformation in jeden Daten-Frame codiert wird und dass die bei der Messung von den einzelnen Analyse-Geräten empfangenen individuellen Daten-Files in Bezug zu den simultanen Zeitsynchronisations-Ereignissen derart zusammengefasst werden und dass die von dem Analyse-Geräten erfassten Daten-Frames in zeitlich richtiger Reihenfolge liegen.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass als Synchronisationssignal ein öffentlich verfügbares Zeitsignal wie DCF-
oder GPS-Signal verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Zeitsynchronisations-Ereignis jede Sekunde in das Daten-File (114, 116)
eingefügt wird.
4. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Zeitsynchronisations-Ereignisse (110, 112, 114) synchron bzw. simultant
in die Daten-Files eingefügt werden.
5. System (54) zur Aufzeichnung, Synchronisation und Analyse von zwischen räum-
lich verteilten Geräten (78, 80) eines Kommunikationsnetzwerkes (60, 62) wie
Real-Time-Ethernet-Netzwerk übertragenen Daten mittels räumlich verteilter
Analyse-Geräte (72, 88), wobei die Analyse-Geräte (72, 88), in das die Geräte
(56, 78, 80, 58) verbindende Kommunikationsnetzwerk (60, 62) zur Aufzeichnung
der Daten eingeschleift sind und wobei jedes der Analyse-Geräte (72, 88) einen
Empfänger (106, 108) zum simultanen Empfang eines Synchronisationssignals
sowie Mittel zur Markierung der empfangenen Daten auf der Grundlage des Syn-
chronisationssignals aufweist,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Analyse-Geräte (72, 80) des Weiteren umfassen: Mittel zum Markieren
aufgezeichneter Daten-Frames mit einem lokalen Zeitstempel des empfangenden
Analyse-Gerätes (72, 80), Mittel zum Speichern der Daten-Frames in einem Da-
ten-File, Mittel zur Erzeugung von Zeitsynchronisations-Ereignissen auf der
Grundlage des Synchronisationssignals sowie Mittel zur Einfügung der Zeitsynch-
ronisations-Ereignisse als Pseudo-Frames zwischen die empfangenen Daten-

Frames eines Daten-Files (128, 130, 132), wobei ein Abgleich des in den Daten-Frames enthaltenen lokalen Zeitstempels in Bezug zu den eingefügten Zeitsynchronisations-Ereignissen erfolgt, dass eine spezifische Information des jeweiligen Analyse-Gerätes als Zusatzinformation in jeden Daten-Frame codiert wird und dass die bei der Messung von den einzelnen Analyse-Geräten empfangenen individuellen Daten-Files in Bezug zu den simultanen Zeitsynchronisations-Ereignissen derart zusammengefasst werden und dass die von dem Analyse-Geräten erfassten Daten-Frames in zeitlich richtiger Reihenfolge liegen.

6. System nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Analyse-Gerät (72, 88) als Analysator-PC (94, 96) mit Analysator-Steckkarte (98, 100) ausgebildet ist.
7. System nach zumindest einem der Ansprüche 5 oder 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Empfänger (106, 108) an einem Trigger-Signal-Eingang (102, 104) des Analyse-Gerätes (72, 88) oder der Analysator-Steckkarte (98, 100) angeschlossen ist.
8. System nach zumindest einem der Ansprüche 5 bis 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Empfänger (106, 108) als Funk-Empfänger ausgebildet ist, durch den ein lokal oder öffentlich verfügbares Zeitsignal wie DCF- oder GPS-Signal empfangen wird.
9. System nach zumindest einem der Ansprüche 5 bis 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Kommunikationsnetzwerk (60, 62) ein drahtgebundenes oder drahtloses Kommunikationsnetzwerk ist, vorzugsweise ein Real-Time-Ethernet-Netzwerk.

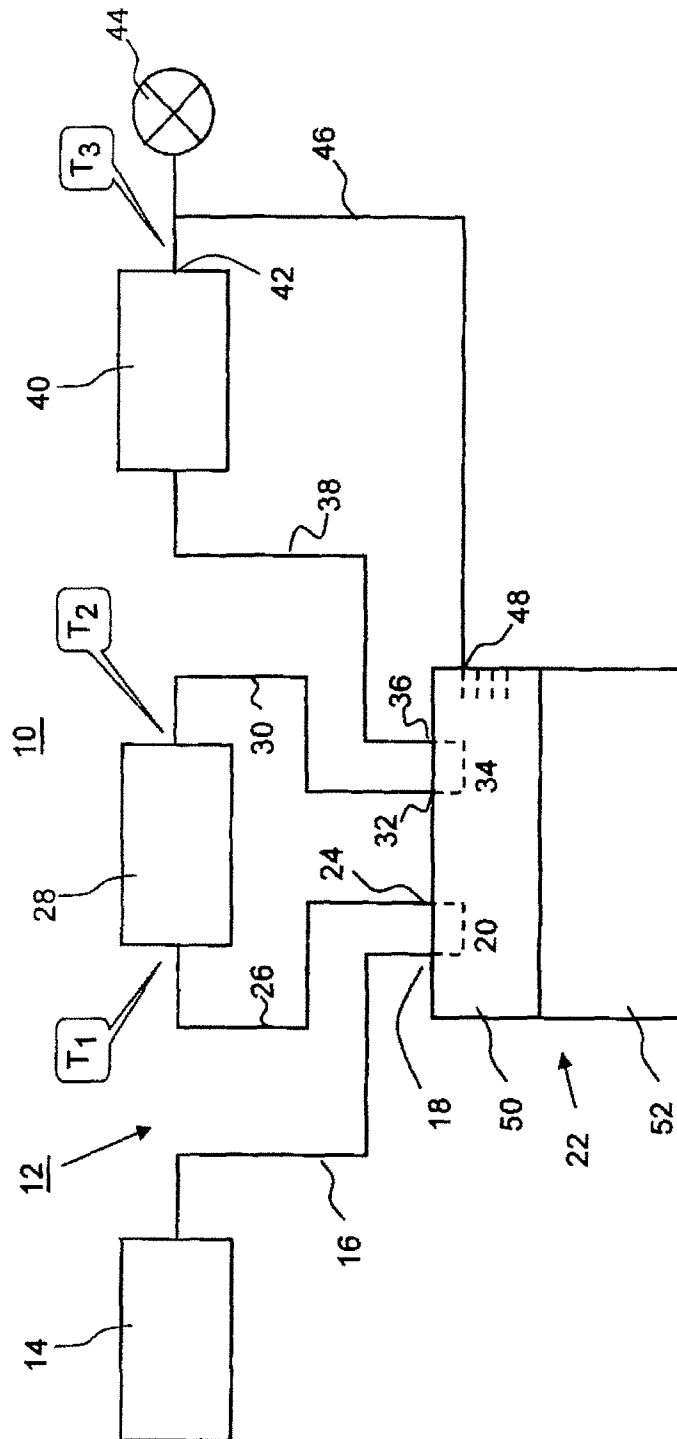


Fig. 1

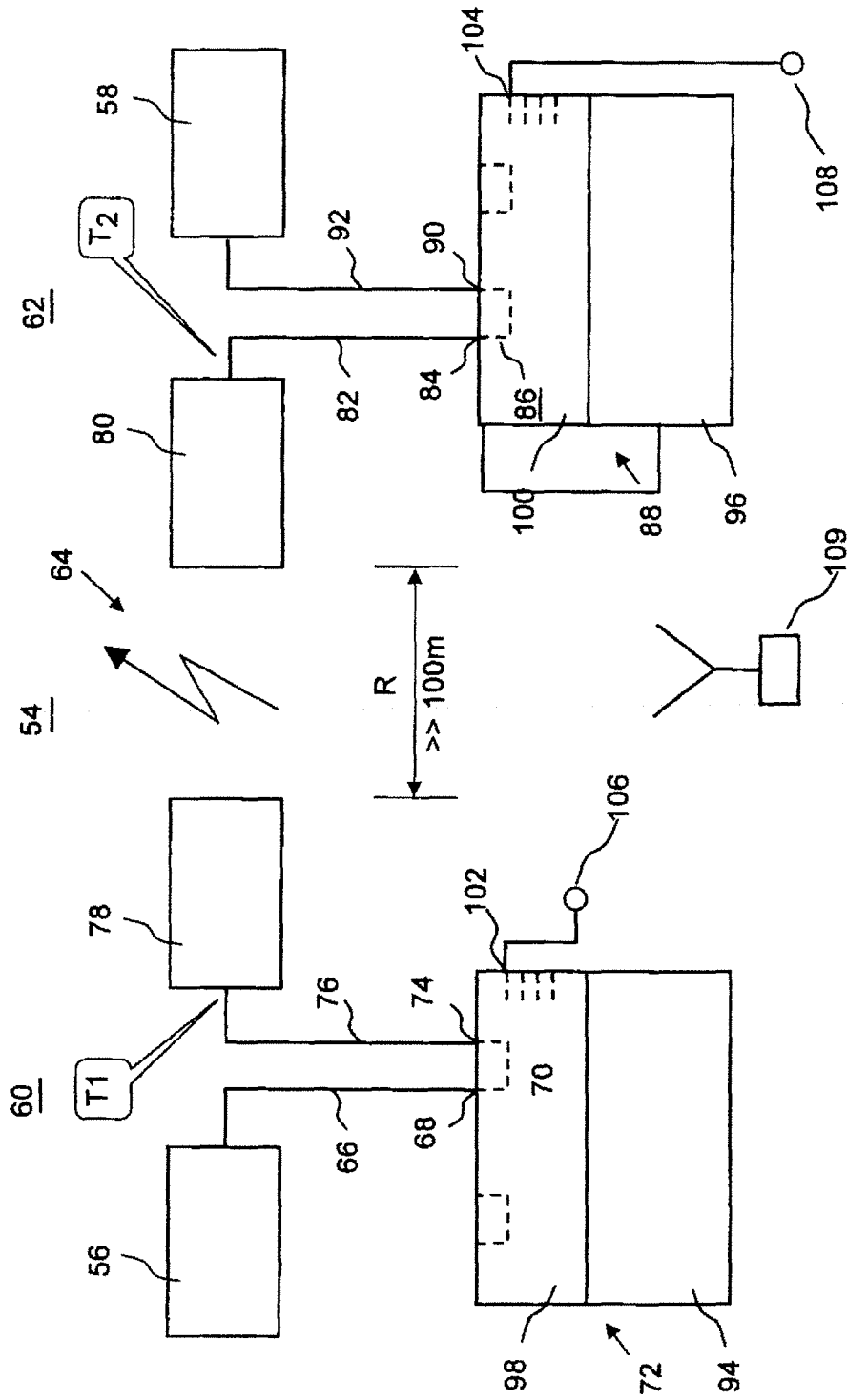


Fig. 2

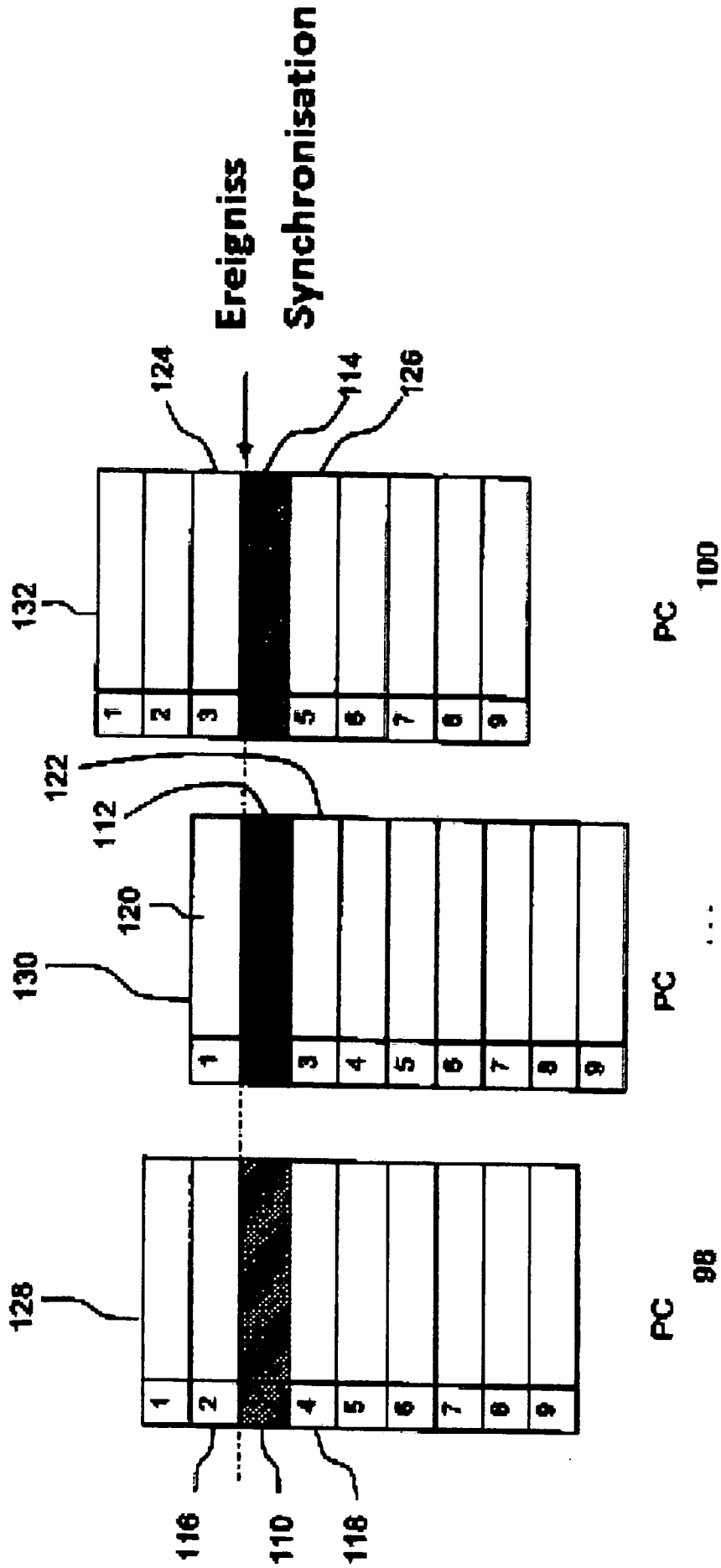


Fig. 3