



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 11 2005 000 405 T5** 2007.02.22

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2005/079372**
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2005 000 405.8**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2005/004620**
(86) PCT-Anmeldetag: **15.02.2005**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **01.09.2005**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **22.02.2007**

(51) Int Cl.⁸: **G05B 9/02** (2006.01)
G06F 13/00 (2006.01)
G06F 3/00 (2006.01)
G06F 9/44 (2006.01)
G06F 9/46 (2006.01)
G06K 5/04 (2006.01)
G11B 20/20 (2006.01)
G11B 5/00 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
10/781,372 **18.02.2004** **US**

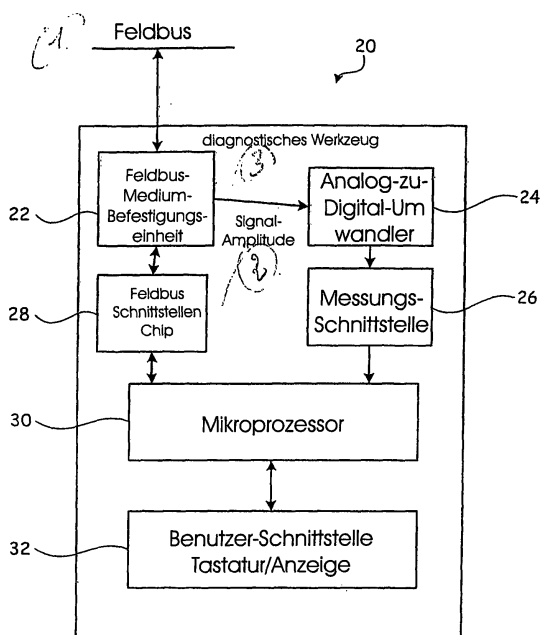
(71) Anmelder:
Fisher-Rosemount Systems, Inc., Austin, Tex., US

(74) Vertreter:
Becker, Kurig, Straus, 80336 München

(72) Erfinder:
Franchuk, Brian A., Eden Prairie, Minn., US;
Benson, Roger R., Eden Prairie, Minn., US

(54) Bezeichnung: **System und Verfahren zum Verknüpfen einer DLPDU, die durch einen Schnittstellen-Chip mit einer Datenmessung empfangen wird, die durch einen externen Schaltkreis gemacht wird**

(57) Hauptanspruch: Ein Verfahren zum Diagnostizieren eines Prozesssteuernetzwerkes, das umfasst:
Empfangen einer DLPDU auf dem Prozesssteuernetzwerk;
Aufnehmen einer Messung des DLPDU-Netzwerkes, um Messdaten zu extrahieren;
Testen eines Statusanzeigers, um zu bestimmen, wenn die DLPDU gegenwärtig aktiv ist; und
Verknüpfen der Messdaten mit der DLPDU, wenn der Zustandsanzeiger Wahr ist.



Beschreibung**HINTERGRUND DER ERFINDUNG**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein ein diagnostisches Gerät zur Verwendung bei Prozesssteuersystemen. Spezifizierter betrifft die vorliegende Erfindung hand-gehaltene bzw. tragbare diagnostische bzw. Diagnosegeräte zum mit-einer-Schnittstelle-Ausstatten mit einem Paket-basierten Netzwerk (wie zum Beispiel ein Feldbus) in einem Prozesssteuersystem und zum Wechselwirken mit den Kommunikationen der Feldgeräte, die mit dem Netzwerk verbunden sind, um Kommunikationspakete mit spezifischen Feldgeräten für den Zweck des Diagnostizierens von Problem auf dem Netzwerk zu verknüpfen.

[0002] In industriellen Einstellungen bzw. Umgebungen überwachen und steuern Steuersysteme Inventorien, industrielle und chemische Prozesse und dergleichen. Typischerweise führen die Steuersysteme diese Funktionen durch, indem sie Feldgeräte verwenden, die an Schlüsselorten in dem industriellen Prozess verteilt sind und an die Steuerschaltkreise in dem Steuerraum durch eine Prozesssteuererschleife gekoppelt sind. Der Begriff „Feldgerät“ bezieht sich auf irgend ein Gerät, das eine Funktion in einem verteilten Steuersystem durchführt, einschließlich aller Geräte, die gegenwärtig in der Steuerkunst bzw. -technik bekannt sind.

[0003] Allgemein schließt jedes Feld Gerät einen Umwandler oder einen Aktuator bzw. ein Stellglied ein. Ein Umwandler (einschließlich Stellgliedern) wird verstanden, dass entweder ein Gerät gemeint wird, das ein Ausgabe- bzw. Ausgangssignal erzeugt, das auf einer physikalischen Eingabe basiert oder die eine physikalische Ausgabe erzeugt, die auf einem Eingabe- bzw. Eingangssignal basiert. Typischerweise transformiert ein Umwandler eine Eingabe in eine Ausgabe, die eine unterschiedliche Form aufweist. Oftmals stellt ein System Energie bereit, um einen Umwandler zu aktivieren bzw. zu betätigen, welcher wiederum gewöhnlicherweise Energie in einer anderen Form an ein zweites System bereitstellt. Zum Beispiel ist ein Lautsprecher ein Umwandler der elektrische Signale in eine Schallenergie umwandelt. Typen an Umwandlern schließen typischerweise verschiedenartige analytische Geräte und Sensoren, Drucksensoren, Thermistoren, Thermokoppler, Belastungsmesser, Flußübertrager, Positionierer, Aktuatoren, Spulen, Anzeigelichter bzw. -leuchten und der gleichen ein.

[0004] Ein Kommunikationsnetzwerk verknüpft die Steuerungen mit den Sensoren und Aktuatoren die in dem Feld lokalisiert sind. Ein derartiges Kommunikationsnetzwerk ist ein Paket-basiertes Netzwerk wie zum Beispiel ein Feldbus. Ein Feldbus ist ein generi-

scher Begriff, der verwendet wird, um ein digitales, bidirektionales, vielfallendes (multidrop), serielltes Kommunikationsnetz zum Verbinden von isolierten Feldgeräten, wie zum Beispiel Steuerungen, Aktuatoren und Sensoren in industriellen Anwendungen zu beschreiben. Die Instrument-Gesellschaft von Amerika (ISA) nahm einen Standard für Feldbuskommunikationen auf, welche als ISA SP50.02 identifiziert ist. Das ISA-Standard-Feldbussystem nutzt einen Zwei-Drahtbus aus, um eine gleichzeitige digitale Kommunikation und eine DC-Energie zu entfernt gelegenen Feldgeräten bereitzustellen.

[0005] Im Allgemeinen ist das Feldbuskommunikationsprotokoll ein bekanntes offenes Kommunikationsprotokoll, das in vielen Prozesssteuernetzwerken eingesetzt wird. Allgemein liefert ein Feldbus synchrone (d.h. geplante) Kommunikationen und asynchrone (zum Beispiel Zeichen-Ring-(token ring)-Kommunikationen auf einem/n Netzwerkbus. Die geplanten/synchronen Kommunikationen werden für Signale verwendet, die sich auf tatsächliche Prozesssteueraktivitäten beziehen, während die asynchronen Kommunikationen verwendet werden, um sekundäre Informationen (wie zum Beispiel Kommunikationen zu und von einem Benutzer oder für Messungen, die sich nicht direkt auf eine Prozesssteuerung beziehen) zu befördern.

[0006] Feldgeräte leiten Energie von einem Zwei-Drahtbus ab und übertragen Daten an und empfangen Nachrichten von einer zentralen Steuerung, welche physikalisch von den Feldgeräten getrennt ist. Wenn Probleme in einem Kommunizieren mit einem besonderen Feldgerät aufkommen oder wenn Daten, die von dem Feldgerät empfangen werden, abnormal sind, ist es manchmal notwendig, das Problem manuell zu diagnostizieren.

[0007] Einige Versuche sind unternommen worden, um diagnostische Schaltkreiselemente mit bzw. in individuelle/n Feldgeräten zu inkorporieren bzw. einzubauen, um den Feldgeräten zu erlauben, sich selbst zu diagnostizieren. Jedoch erhöht ein solcher zusätzlicher Schaltkreis die Kosten des einzelnen Feldgerätes. Zusätzlich kann, wenn ein Übertragungsfehler aufkommt, eine interne Schaltung unausreichend sein, um ordnungsgemäß das Problem zu identifizieren, Nachrichten zu senden, die anzeigen, dass das Feldgerät in Ordnung ist, wenn tatsächlich da ein Problem besteht. Außerdem bedeutet eine derartige extra Schaltung einen Energieabfluß auf dem Feldbus Energieversorgung, die das Meiste der Zeit unnötig ist, was in eine/r verschwenderischen Energieableitung resultiert.

[0008] Es ist ebenso möglich ein Gerät anzuschließen, wie zum Beispiel ein Feldbus-Monitor FBT-3, der von RELCOM, Inc. von Forest Grove, Oregon hergestellt wird, um ein „lebendes“ Feldbus-Netz-

werk zu untersuchen, ohne mit seinem bzw. seinen Betrieb zu interferieren bzw. zu stören. Ein solches Gerät ist intendiert einen Netzbetrieb zu verifizieren und Fehler zu suchen bzw. zu beheben, aber durch sich selbst, kann es nicht auf das bzw. dem Feldbussegment kommunizieren.

[0009] Wie zuvor erwähnt, ist ein Feldbus ein Typ eines seriellen Kommunikationsnetzwerk zum Verbinden isolierter Feldgeräte, wie zum Beispiel Steuerungen, Aktuatoren und Sensoren oder Übertrager, in industriellen Anwendungen. Typischerweise bezieht das Netzwerk eine Heimlauf-Verkabelung ein, die ein Steuerzentrum mit verschiedenartigen Feldgeräten verbindet, entweder direkt oder über Verbindungskästen, welche ein oder mehrere serielle Geräte an das Netzwerk verbinden. Allgemein schließt ein Feldbus-fähiges Feldgerät einen Feldbus-Schnittstellenchip und einen Sensor, Umwandler, Aktuator oder ein anderes ähnliches Schaltungselement zum Funktionieren auf dem Netzwerk ein.

[0010] Da die präzisen Anforderungen für jedes Feldgerät variieren, ist es nicht immer möglich, eine direkte Schnittstelle von dem Feldbus-Schnittstellenchip an den Messungsschaltkreis des Feldgerät bereitzustellen. Außerdem können auf einem „lebenden“ Feldbusnetzwerk, vielfache Daten-Verbindungs-Protokoll-Dateneinheiten (DLPDUs) den Kommunikationspfad in einer schnellen Nachfolge überquert werden. Dies erfordert, dass der diagnostische Schaltkreis des richtigen Verknüpfens einer DLPDU mit seiner Quelle fähig ist.

[0011] Mit gegenwärtigen diagnostischen Geräten und Verfahren ist ein Fehlersuchen bzw. -beheben von Kommunikationsproblemen und Konfigurationsfehler, die mit den Feldgeräten auf dem Protokollbus verknüpft sind, schwer. Als ein Ergebnis können Benutzer auf dem Systemniveau nicht leicht die Quelle von Problemen identifizieren und sind typischerweise nur durch das System informiert, dass der Überalles-Prozess nicht ordnungsgemäß funktioniert. Wenn eine solche Warnung aufkommt, ist es schwierig das fehlgeleitete Feldgerät zu identifizieren und festzustellen bzw. zu reparieren.

KURZE ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0012] Ein diagnostisches System verknüpft Datenverbindungs-Protokoll-Dateneinheiten (DLPDUs) mit Daten, die durch einen Messungs-Schaltkreis aufgenommen werden, der eine Messungs-Schnittstelle verwendet. Die Messungs-Schnittstelle kommuniziert mit der Messungs-Schnittstelle und einem Mikroprozessor, um DLPDU-Daten auf dem Feldbussegment zu messen. Die DLPDUs werden geschrieben, um Nachrichtenschlangen bzw. -warteschlangen gemäß dem Nachrichtenschlangenverwalter zu empfangen. Die DLPDU-Daten werden von der Schlange in der

Reihenfolge gelesen, in welcher sich die DLPDUs auf dem Feldbussegment ereignet haben. Das diagnostische Werkzeug nimmt eine Messung eines DLPDU auf dem Feldbussegment vor, um Messungsdaten zu extrahieren. Das Werkzeug schreibt die Messungsdaten an eine Softwareschlange. Die Software testet eine Status-Anzeiger, der mit den Messungsdaten verknüpft ist, um zu bestimmen, wenn die DLPDU gegenwärtig aktiv ist. Wenn das DLPDU von welchem die Messungsdaten genommen werden noch aktiv ist, werden die Messungsdaten mit der DLPDU verknüpft.

[0013] Die Ausführungsform der vorliegenden Erfindung werden anhand der nachstehenden Zeichnungen beispielshalber beschrieben. Es zeigen:

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0014] [Fig. 1](#) ist ein schematisches Blockdiagramm eines Prozesssteuernetzwerkes mit einem diagnostischen Gerät gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0015] [Fig. 2](#) ist ein Beispiel eines Zeitverhaltensdiagramms, das Latenzen zwischen Software-Aufwachen erläutert, die zu einem schlechten Abtastwert führen, wodurch die vorliegende Erfindung notwendig wird.

[0016] [Fig. 3](#) ist ein Blockdiagramm des diagnostischen Werkzeuges gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0017] [Fig. 4](#) ist ein expandiertes Blockdiagramm des Feldbus-Schnittstellenchips innen in dem diagnostischen Werkzeug von [Fig. 3](#).

[0018] [Fig. 5](#) ist ein Blockdiagramm der Nachrichtenstruktur einer Empfangsnachricht, die in der Empfangsnachrichtenschlange von [Fig. 4](#) gespeichert ist.

[0019] [Fig. 6](#) ist ein expandiertes Blockdiagramm der Empfangsnachrichtenschlange von [Fig. 4](#).

[0020] [Fig. 7](#) ist ein Zeitverhaltensdiagramm, das das in Schlange stellen bzw. e/Einreihen des diagnostischen Werkzeuges der vorliegenden Erfindung erläutert.

[0021] [Fig. 8](#) ist ein Flußdiagramm eines Verfahrens, das Messungsdaten mit einer Datenverknüpfungs-Protokoll-Dateneinheit (DLPDU) gemäß der vorliegenden Erfindung verknüpft.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0022] [Fig. 1](#) zeigt ein industrielles Steuerungssystem **10**, das ein Steuerungszentrum **12** aufweist, das über ein Heimlaufkabel **14** mit einer Mehrzahl an Feldgeräten **16** verbunden ist, um ein Steuernetz-

werk **18** zu formen. Ein diagnostisches Werkzeug **20** ist mit dem Netzwerk **18** verbunden. Das Heimlaufkabel **14** erstreckt sich als Phantom und ein zusätzliches Feldgerät **16** ist ebenso als Phantom gezeigt, um zu erläutern, dass die Heimlaufverkabelung **14** verlängert werden kann und Feldgeräte **16** addiert werden können, um das Steuernetzwerk **18** wie benötigt zu verlängern.

[0023] Allgemein kann das Heimlaufkabel **14** eine Zwei-Draht, eine Drei-Draht oder eine Vier-Draht verdrehte bzw. verdrehte Paar-Verkabelung sein, wie zum Beispiel bei einem traditionellen Feldbusnetzwerk. In typischen Anlagen kann sich das Heimlaufkabel **14** Tausende von Metern erstrecken und zahlreiche Feldgeräte **16** können an das Steuerzentrum **12** über die Verkabelung **14** angeschlossen sein (über Verbinders, eine direkte Verdrahtung oder eine Verknüpfungs- bzw. einen Kopplungskasten), was das Netzwerk **18** ziemlich groß macht.

[0024] Wie gezeigt, ist ein diagnostisches Werkzeug **20** mit der Heimlaufverkabelung **14** verbunden, um Probleme mit dem Steuernetzwerk **18** zu identifizieren. Allgemein ist das diagnostische Werkzeug (**18**) ein in der Hand gehaltenes bzw. tragbares Gerät, das durch einen Bediener getragen werden kann und an irgend einem Punkt in dem Netzwerk **18** installiert werden kann. Das diagnostische Werkzeug **20** weist Öffnungen oder Leitungsenden auf, die bestimmt sind, um eine Verbindung mit dem diagnostischen Werkzeug **20** an das Netzwerk **18** an einer physikalischen Schicht zu vereinfachen. Das diagnostische Werkzeug **20** kann durch das Netzwerk **18** oder alternativ durch eine unabhängige Energiequelle angetrieben bzw. mit Energie versorgt werden, wie zum Beispiel eine Batterie, eine Solar-Panels, oder eine existierende Energieschaltung innerhalb der Anlage (zum Beispiel eine Standard-AC-Energie- bzw. Leistungsschaltung mit zwei- oder drei-Stift-Wandauslässen bzw. zwei- oder dreipoligen Steckdosen).

[0025] In einem Feldbusnetzwerk **18** übertragen Feldgeräte **16** Daten in gerahmten Paketen, die als „Datenverbindungs-Protokoll-Dateneinheiten“ (DLPDUs) bezeichnet werden. Allgemein stellt das Datenverbindungs-Protokoll Datenverbindungs-dienste bereit, indem eine Verwendung der Dienste gemacht werden, die von der physikalischen Schicht (der Verkabelung) verfügbar sind. Jede DLPDU enthält eine Anzahl an Feldern oder Abgrenzern: ein Rahmensteuerfeld, welches den Typ einer DLPDU spezifiziert und Größenparameter der DLPDU befördert; Null bis Drei explizite Adressenfelder, wobei jedes eine DL-Adresse enthält, alle der gleichen Länge; zusätzliche Parameter der DLPDU; ein Benutzerdatenfeld für die meisten DLPDUs; und ein Rahmenprüfsequenz-(FCS)-Feld, das verwendet wird, um die Integrität der empfangenen DLPDU zu prüfen. Ange-

hängt an jede DLPDU ist eine Präambel und ein Start-von-Daten- (SD) -Abgrenzer. Die DLPDU wird beendet durch einen Ende-von-Daten-(ED)-Abgrenzer, der das Ende der Daten-Zeichenfolge anzeigt. Jedes einzelne Bit an Daten kann als eine physikalische-Ebenen-Protokoll-Daten-Einheit (PLPDU) betrachtet werden, bei der eine Serie von Bits kombiniert werden, um die DLPDU darzustellen (to make-up).

[0026] Allgemein werden ein oder mehrere DLPDUs auf einer Feldbusverkabelung **14** übertragen. Das diagnostische Werkzeug **20** beobachtet oder erfasst jede DLPDU unabhängig. Wenn das diagnostische Werkzeug **20** einen Feldbuschnittstellenchip (FIC) aufwies, der des Empfangens und Verarbeitens von nur einer DLPDU zu einer Zeit in der Lage ist (wie zum Beispiel mit herkömmlichen diagnostischen Werkzeugen), könnten bzw. könnten die Messungsdaten, die mit dem DLPDU verknüpft sind, einfach durch ein Prüfen des Status des Empfangs-Aktivitäts-Signals (RxA) validiert werden. Wenn das Signal aktiv ist, nach dem die Software eine Datenmessung aufgenommen hat, dann wird die Messung korrekt mit der empfangenen DLPDU verknüpft.

[0027] Im Gegensatz weist das diagnostische Werkzeug **20** der vorliegenden Erfindung einen FIC auf, das des Einreihens bzw. Warteschlangenbildens von vielfachen DLPDUs fähig ist. Da der FIC des Einreihens von vielfachen empfangenen DLPDUs fähig ist, um eine Software-Latenz zu berücksichtigen, kann das RxA-Signal nicht länger als ein Mechanismus verwendet werden, um die Messungsdaten-zu-DLPDU-Verknüpfung zu validieren. Infolge des Einreihens kann das DLPDU an der Vorderseite der Schlange nicht notwendigerweise die DLPDU sein, die gegenwärtig auf dem Feldbussegment aktiv ist.

[0028] [Fig. 2](#) erläutert ein Zeitverhaltensdiagramm für ein diagnostisches Werkzeug **20**, das mit einem Feldbusnetzwerk **18** verbunden ist, um diesen Punkt zu erläutern. Wie gezeigt, werden eine Serie von DLPDUs über das Feldbusnetzwerk übertragen. Das erste DLPDU in einer Zeit bzw. im Zeitbereich wird als eine sinusförmige Wellenform erläutert, die als DLPDU(N) benannt ist und das nachfolgende DLPDU als DLPDU(N+1) bezeichnet ist.

[0029] Um ein DLPDU-Nachrichtenpaket zu lesen, muß das Paket abgetastet werden. Typischerweise erzeugt ein externer Schaltkreis eine Chip-Unterbrechungsanforderung (Chip-IRQ). Die Chip-Unterbrechungsanforderung löst wiederum eine Software-Unterbrechung aus. Typischerweise nimmt es eine kleine Menge an Zeit ein, die Software, sobald die voreilende bzw. führende Flanke des Chip-Unterbrechungsanforderungssignals empfangen wird, aufzu-

wecken. Die Verzögerung zwischen dem Empfang der voreilenden Flanke des Chip-IRQ und der Aufwachzeit für die Software ist eine Latenz-Periode bzw. -Dauer.

[0030] Wie gezeigt, erzeugt ein externer Schaltkreis ein Chip-IRQ, wenn DLPDU(N) auf dem Feldbusnetzwerk aktiv ist. Das Chip-IRQ verursacht eine Software-Unterbrechung, welche wiederum hervorruft, dass der Chip das Signal auf der Feldbusleitung abtastet. Wenn der Chip das Abtasten abschließt, wenn die gleiche DLPDU innerhalb des Fensters ist, dann ist der resultierende Abtastwert gut bzw. in Ordnung. Jedoch ist es – wenn bzw. vorausgesetzt dass, Latenz-Verzögerungen zwischen der Chip-Unterbrechungsanforderung und dem Aufwachen bzw. Aufwecken der Software auf dem Chip gegeben sind, und vorausgesetzt, dass die Länge und das Beabstanden bzw. der Abstand der DLPDUs auf dem Netzwerk dramatisch variieren kann – möglich, dass zu der Zeit, wenn der Analog-zu-Digital-Abtastwert stattfindet, dass das DLPDU von dem Fenster verschwindet. Wie gezeigt, mit Bezug auf DLPDU(N+1), beginnt der der Analog-zu-Digital-Abtastwert nachdem das DLPDU beendet ist. Es ist möglich, wenn eine zweite DLPDU(N+2) augenblicklich nach der DLPDU(N+1) übertragen wird, dass der Analog-zu-Digital-Abtastwert das nacheilende bzw. hinterherlaufende Ende von DLPDU(N+2) fangen bzw. erfassen kann. Alternativ detektiert der Abtastwert einfach das Trägersignal an seinem nacheilenden Ende. Ob das DLPDU von dem Fenster verschwunden ist oder mit einem nachfolgenden DLPDU ersetzt wird, das Ablesen bzw. die Ablesung ist außerhalb des Bereiches, und es ist nicht möglich, die Signalablesung mit dem DLPDU zu verknüpfen.

[0031] Das Diagnostische Werkzeug **20** nutzt ein Bool'sches Attribut oder eine Statusanzeige, „Gegenwärtig Aktiv“ zu jedem DLPDU-Objekt aus, das durch das FIC empfangen wird. Da das FIC in der Lage ist, vielfache DLPDU-Objekte einzureihen, existiert da ein Satz an P ($P > 1$) DLPDU-Objekten in dem FIC-Hardware-Speicher. Wenn das DLPDU-Objekt durch den Eingangs-Multiplexer ausgewählt wird, wird das Gegenwärtig-Aktiv-Attribut nach einem Empfang einer Start eines Aktivitäts-Begrenzers auf Wahr gesetzt (dass heißt, wenn das Empfangsaktivitäts-„RxA“-Signal Wahr ist). Das Gegenwärtig-Aktiv-Attribut wird nach einem Empfang eines Ende-von-Aktivitäts-Begrenzers auf Falsch gesetzt (dass heißt, wenn das Empfang-Aktiv-„RxA“-Signal Falsch ist).

[0032] Wie in [Fig. 3](#) gezeigt, weist das diagnostische Werkzeug **20** der vorliegenden Erfindung allgemein eine Feldbus-Medium-Befestigungseinheit (MAU) **22**, ein Analog-zu-Digital- (A/D)-Wandler **24**, eine Messungsschnittstelle, eine Feldbus-Schnittstellen-Chip (FIC) **28**, ein Mikroprozessor **30**, und

eine Benutzerschnittstelle **32** (Tastatur und Anzeige, oder ähnliche Schnittstelle) auf. In einer Essenz, nimmt die MAU **22** Messungen von den Signalen auf dem Feldbussegment vor. Die Signalamplitude wird an den A/D-Wandler **24** übergeben, welcher die digitale Information an die Messungsschnittstelle übergibt. Die gemessene DLPDU wird ebenso an den FIC **28** übergeben. Die Messungsschnittstelle **26** und der FIC **28** übergeben ihre entsprechenden Daten an den Mikroprozessor **30**, welcher die DLPDU und digitale Messungsdaten nutzt, um eine Anzeigeinformation an die Benutzerschnittstelle **32** bereitzustellen.

[0033] In einer Essenz mißt sowohl die MAU **22** das Signal auf dem Netzwerk und gewinnt die DLPDU wieder, wobei das Signal an den A/D-Wandler **24** übergeben wird und der DLPDU an den FIC **28** zur weiteren Verarbeitung übergeben wird. Wie im Detail, in Anbetracht auf spätere Figuren diskutiert werden wird, erzeugt eine Schaltung in dem FIC **28** eine Software-Unterbrechungsanforderung, wenn eine DLPDU auf dem Feldbussegment aktiv ist. Das RxA-Signal aktiviert eine Zustandsmaschine in dem FIC **28**, welche die DLPDU von der MAU **22** empfängt. Die DLPDU wird dann in einen freien Block an Registern geschoben, mit einer Schlange, um einen Schlangenverwalter **50** ([Fig. 6](#)) zu empfangen, welcher die Empfangsnachrichtenschlange verwaltet und welcher das Register steuert, in welches die DLPDUs geschoben werden. Die gespeicherten und registrierten Daten können identifiziert werden, betreffend, ob es die aktive DLPDU auf dem Feldbussegment ist.

[0034] In einer bevorzugten Ausführungsform schließt die Schlange drei Empfangsnachrichtenregister und ein einzelnes Übertragungsregister ein; jedoch ist es vorstellbar, dass mehr als drei Register verwendet werden können/könnten. In der vorliegenden Instanz, ist – wenn die Anzahl an gespeicherten DLPDUs drei erreicht, und das diagnostische Werkzeug **20** nicht beginnt, eines der gespeicherten DLPDUs zu verarbeiten – da dann ein Problem mit dem diagnostischen Werkzeug **20**. Während eine Diagnose des diagnostischen Werkzeuges **20** selbst nicht eine Funktion des DLPDU oder des Werkzeuges **20** ist, ist es charakteristisch für das diagnostische Werkzeug **20**, dass das diagnostische Werkzeug **20** typischerweise nicht hinter mehr als eine oder zwei Nachrichten zu irgend einer gegebenen Zeit zurückfällt.

[0035] [Fig. 4](#) erläutert eine verlängerte Ansicht des FIC **28**, die in dem diagnostischen Werkzeug **20** innen ist. Wie gezeigt, wechselwirken die RxA-, RxS-, TxS- und TxS-Signale mit der physikalischen Ebenen-Schnittstelle **34** des FIC **28**. Die DLPDU-Daten werden dann an die Empfangsnachrichtenschlange **36** zusammen mit einer Bus_Aktiv-Flagge übergeben. Die Bus_Aktiv-Flagge bleibt solange Wahr wie

einen DLPDU gerade empfangen wird. Bei bzw. mit dem Ende des DLPDU wird die Bus_Aktiv-Flagge auf Falsch gesetzt. Die DLPDUs werden von der Empfangsnachrichtenschlange **36** an die Mikroprozessorschnittstelle **38** in der Reihenfolge verschoben, in der sie empfangen werden. Die gelesene DLPDU wird dann an den Mikroprozessor übergeben.

[0036] Die Mikroprozessorschnittstelle **38** übergibt ebenso Daten an den Übertragungsschaltkreis **40**, welcher wiederum die Daten über die physikalische Schichtschnittstelle **34** an das Feldbussegment (nicht gezeigt) überträgt.

[0037] [Fig. 5](#) erläutert die Struktur einer empfangenen Nachricht **42**. Wie gezeigt, enthält die empfangene Nachricht **42** Nachrichtendaten, Nachrichtenstatusinformationen (zum Beispiel Fehlerdaten), Zeitstempel, und einen gegenwärtigen Aktiv-Status-Anzeiger. Indem der gegenwärtig aktive Statusanzeiger verwendet wird, kann eine Messung die von dem Feldbussegment genommen wird, mit einer besonderen DLPDU verknüpft werden.

[0038] [Fig. 6](#) erläutert die Empfangsnachrichtenschlange **36**. Wie gezeigt, werden Nachrichten in einen Eingabe-Multiplexer (MUX) **44** eingegeben. Abhängig von der Eingabe, die durch einen Empfangsschlangenverwalter **50** ausgewählt wird, schiebt der Eingangs-MUX **44** die Nachrichten (in der Reihenfolge, in der sie empfangen werden) in eine der Empfangsnachrichtenschlange, durch Datenobjekte **46A**, **46B**, und **46C** angezeigt. Ein Ausgabe-MUX **48** liest Daten von einem ausgewählten Datenobjekt **46A**, **46B**, oder **46C** gemäß der Ausgabe, die durch den Empfangsschlangenverwalter **50** ausgewählt wird. Der Ausgangs-MUX **48** übergibt dann die Information an die Mikroprozessorschnittstelle **38**. Eine Nachrichtenbestätigung wird durch den Mikroprozessor **30** an den Empfangsschlangenverwalter **50** gesendet, anzeigend, dass Daten aus einem der Datenobjekte **46A**, **46B**, oder **46C** ausgelesen worden sind, wodurch Zähler des Empfangsschlangenverwalters **50** erhöht werden, so dass das nächste Eingangsereignis und das nächste Ausgangsereignis von dem nächsten Datenobjekt in einer Reihenfolge bzw. Ordnung gelesen werden.

[0039] Eine erste Nachricht, die zum Beispiel durch das diagnostische Werkzeug **20** empfangen wird, würde an den Eingabe-MUX **44** übergeben werden. Der Empfangsschlangenverwalter **50** würde sowohl die Dateneingabe als auch Datenausgabezeiger auf das Datenobjekt **46** zeigen haben bzw. lassen. Die Nachricht würde in ein Datenobjekt **46A** geschrieben werden. Der Empfangsschlangenverwalter **50** würde dann seine Eingangszeiger aktualisieren, dass er auf ein Datenobjekt **46B** zeigt, so daß die nächste empfangene Nachricht nicht die Daten überschreiben würde, die in **46A** gespeichert sind. Wenn der Mikro-

prozessor **30** bereit ist, Daten von dem Ausgang zu lesen, werden Daten, die in einem Datenobjekt **46** gespeichert werden durch den Ausgangs-MUX **48** und auf die Mikroprozessorschnittstelle **38** torartig bzw. impulsflankenbegrenzt getastet bzw. geschaltet (gated). Wenn die Daten von dem Ausgangs-MUX **48** gelesen werden, wird eine Nachrichtenbestätigung an den Empfangsschlangenverwalter **50** gesendet, der veranlaßt, dass der Empfangsquellenverwalter **50** seinen Ausgangszeiger (Ausgang auf [Fig. 6](#)) aktualisiert, um auf das nächste Datenobjekt **46B**, und so weiter, zu zeigen. Wenn ein Datenobjekt **46C** voll ist, geht der Zeiger weiter, auf **46A**, wie einen Ringpuffer, zu zeigen.

[0040] [Fig. 7](#) erläutert ein Zeitverhaltensdiagramm. Wie gezeigt, werden eine Serie an DLPDUs von dem Feldbussegment empfangen. Das Bus-Aktiv (RxA) bzw. das Bus-Aktiv-(RxA)-Signal korrespondiert mit jeder empfangenen DLPDU. Der ausgewählte „Eingang“ („In“), der in [Fig. 6](#) gezeigt ist, beginnt in einem Null-Zustand, effektiv ein Datenobjekt **46A** (gezeigt in [Fig. 6](#)) auswählend. Während die erste DLPDU gerade gelesen wird, zeigt die Nachrichten-Aktiv-Leitung 0 an, dass die DLPDU, die gerade in ein Datenobjekt **46A** eingelesen wird, gegenwärtig bzw. gerade aktiv ist. Sobald die DLPDU das Feldbussegment verläßt, geht die Nachrichten-Aktiv-Leitung 0 in einen Niedrig-Zustand, anzeigend, dass die DLPDU nicht länger aktiv ist. Der ausgewählte „Eingang“ wechselt von einem Null-Zustand in einen Eins (1) bzw. Eins-(1)-Zustand, der anzeigt, dass die nächste empfangene DLPDU in einer Nachricht 1 (Datenobjekt **46B** in [Fig. 6](#)), und so weiter, gespeichert werden wird. Wie gezeigt, wird Nachricht 1 angezeigt, für den Mikroprozessor **30** sichtbar zu sein, somit wurde die erste DLPDU mit den Messungsdaten verknüpft. Jedoch kam die zweite empfangene DLPDU und verließ das Segment bevor eine Nachrichtenbestätigung gesendet wurde. Somit konnte die DLPDU nicht mit Messungsdaten verknüpft werden. Jedoch war die dritte Nachricht in der Lage, mit den Messungsdaten verknüpft zu sein, weil die dritte DLPDU für den Mikroprozessor **30** sichtbar war, während die Nachricht auf dem Feldbussegment aktiv war. Somit nutzt das diagnostische Werkzeug **20** den gegenwärtig aktiven Statusanzeiger, um zu bestimmen, ob er Messungsdaten mit der empfangenen DLPDU verknüpfen kann.

[0041] Wie in [Fig. 8](#) gezeigt, empfängt die Software eine Unterbrechung von dem Feldbusschnittstellenchip, der signalisiert, dass eine DLPDU gerade empfangen wird oder empfangen worden ist (Schritt **52**). Die Software richtet bzw. dirigiert den externen Schaltkreis, um eine Messung (Schritt **54**) zu machen. Nachdem eine Messung gemacht wurde, liest die Software das „Gegenwärtig-Aktiv“-Attribut aus der DLPDU an der Front bzw. Vorderseite der Empfangsschlange (Schritt **56**). Das „Gegenwärtig-Ak-

tiv"-Attribut wird getestet (Schritt **58**). Wenn das Gegenwärtig-Aktiv-Attribut Wahr ist, dann ist die DLPDU an der Front der Empfangsschlange tatsächlich die DLPDU, die gerade gemessen wird, und die Messungsdaten werden mit der DLPDU (Schritt **60**) verknüpft. Wenn das Gegenwärtig-Aktiv-Attribut Falsch ist, dann ist keine DLPDU-Verknüpfung möglich (Schritt **62**).

[0042] Im Allgemeinen ist der Feldbuschip des Einreihens in eine Warteschlange (queuing) von vielfachen empfangenen DLPDUs in der Lage, um eine Softwarelatenz zu erlauben bzw. zu berücksichtigen. Das Empfangsaktivsignal wird nicht als ein Mechanismus verwendet, um die Messungsdaten-zu-DLPDU-Verknüpfung zu validieren. Infolge des Einreihens kann bzw. braucht die DLPDU an der Vorderseite der Schlange (queue) nicht notwendigerweise die DLPDU zu sein, die gegenwärtig auf dem Feldbussegment aktiv ist. Somit verwendet die vorliegende Erfindung ein Bool'sches Attribut (Gegenwärtig Aktiv), das relativ zu jedem Objekt in der Feldbus-Chip-Hardware ist, welche eine DLPDU repräsentiert, die durch den Feldbus-Chip empfangen werden könnte. Die Verknüpfung des DLPDU-Nachrichteninhaltes mit dem spezifischen Feldgerät ist sowohl von der CPU als auch von dem Messungsschaltkreis unabhängig. Der Software-Treiber braucht nur zu prüfen, um sicher zustellen, dass das Gegenwärtig-Aktiv-Attribut Wahr ist, nachdem der Messwert genommen wird, um die Gültigkeit der Messung zu garantieren. Die Verknüpfungsentscheidung wird garantiert, korrekt zu sein. Wenn das Gegenwärtig-Aktiv-Attribut Wahr ist, dann ist die DLPDU positiverweise mit dem Messwert verknüpft. Wenn es Falsch ist, ist da keine mögliche Verknüpfung. Wenn konventionelle Empfangs-Aktiv-Flaggen (RxA) verwendet werden, um Messwerte mit DLPDUs zu verknüpfen, können die bzw. kann bei den gemachten Messungen, wenn ein Empfang aktiv ist, nicht garantiert werden, mit der bzw. dass sie mit der DLPDU in der Empfangsschlange verknüpft zu sein bzw. sind, obwohl da eine hohe Wahrscheinlichkeit ist, dass es der Fall ist, speziell bei schnelleren CPUs.

[0043] Bei einem Implementieren des Gegenwärtig-Aktiv-Attributes in einer Hardware, erfordert der DLPDU-Verifikationsprozess sehr wenig zusätzliche Gatter, die fast keine Kosten der Hardware hinzufügen. Während dieses Assoziationsschema nicht garantiert, dass jede DLPDU mit Messwerten verknüpft werden kann, garantiert die vorliegende Erfindung, mit dem geringsten bzw. allerwenigstens, dass, wenn eine Verknüpfung zwischen Messungsdaten und der DLPDU gemacht wird, die Verknüpfung gültig ist. Im schlimmsten Fall kann keine DLPDU mit dem Messwert verknüpft werden. Die Messungen müssen immer gemacht werden, während die DLPDU wirklich auf dem Feldbusnetzwerk aktiv ist, welches eine signifikant festere Latenzrestriktion auf eine Software

aufgelegt als auf die Empfangsschlange, welche vielfache DLPDUs halten kann. Nichtsdestotrotz, während vorhergehende diagnostische Werkzeuge vielfache DLPDUs lesen könnten, aber die DLPDU nicht mit dem spezifischen Feldgerät verknüpfen, oder nur eine zu einer Zeit tun könnten, berücksichtigt die vorliegende Erfindung ein Verknüpfen spezifischer DLPDUs mit einem spezifischen Feldgerät. Dies ist eine signifikante Verbesserung über den Stand der Technik.

[0044] Während die vorliegende Erfindung in Anbetracht von DLPDUs beschrieben wurde, die über ein Feldbusnetzwerk übertragen wurden, wird es von Arbeitern, die in der Kunst ausgebildet sind bzw. dem Fachmann, verstanden werden, dass die Technik der vorliegenden Erfindung angewandt werden kann, um Steuersignale zu verarbeiten, die über irgend einen Typ an Prozesssteuernetzwerk übertragen werden. Insbesondere kann die vorliegende Erfindung für diagnostische Werkzeuge zu einer Verwendung mit einem gegenwärtig aktiven Prozesssteuernetzwerk angewandt werden, über welches vielfache Prozesssteuersignale übertragen werden und empfangen werden.

[0045] Obwohl die vorliegende Erfindung mit Referenz auf bevorzugte Ausführungsformen beschrieben wurde, wird der Fachmann erkennen, dass Änderungen in Form und Detail gemacht werden können, ohne von dem Geist und Umfang bzw. Schutzbereich der Erfindung abzuweichen. Zum Beispiel, obwohl ein spezifischer Typ an Paket-basiertem-Netzwerk (dass heißt, Feldbus) in der Beschreibung verwendet wurde, ist die Anmeldung auf andere Formen an Paket-basierten Netzwerken (zum Beispiel, Vielfall-(multidrop)-RS232) anwendbar.

Zusammenfassung

[0046] Ein diagnostisches Werkzeug (**20**) weist ein paket-basierte Netzwerkmediumbefestigungseinheit (**22**), eine Messungsschnittstelle (**26**), eine Netzwerkschnittstelle (**28**), und einen Mikroprozessor (**30**) auf zum Lesen von DLPDUs aus einem Netzwerksegment und zum Aufnehmen gleichzeitiger Messungen von DLPDUs auf dem Segment. Die Messungsdaten werden mit einer gespeicherten DLPDU verknüpft, wenn die DLPDU noch auf dem Netzwerksegment aktiv ist, wenn die Messungsdaten durch den Mikroprozessor (**30**) gelesen werden. Das diagnostische Werkzeug (**20**) verwendet ein gegenwärtig aktives Attribut um den Status einer DLPDU zu bestimmen.

Patentansprüche

1. Ein Verfahren zum Diagnostizieren eines Prozesssteuernetzwerkes, das umfasst:
Empfangen einer DLPDU auf dem Prozesssteuernetzwerk;

Aufnehmen einer Messung des DLPDU-Netzwerkes, um Messdaten zu extrahieren;
 Testen eines Statusanzeigers, um zu bestimmen, wenn die DLPDU gegenwärtig aktiv ist; und
 Verknüpfen der Messdaten mit der DLPDU, wenn der Zustandsanzeiger Wahr ist.

2. Das Verfahren gemäß Anspruch 1 und ferner aufweisend:

Setzen des Statusanzeigers auf Wahr, während die DLPDU gerade empfangen wird.

3. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem die Statusanzeige ein Bool'sches Attribut ist.

4. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem der Schritt des Empfangens umfasst:

Auswählen eines freien Blocks an Registern;
 Schreiben von DLPDU-Daten auf einen freien Block an Registern; und
 Setzen des Zustand-Anzeigers auf Wahr.

5. Das Verfahren von Anspruch 4 und ferner aufweisend:

Setzen des Zustandsanzeigers auf Falsch auf einen Empfang eines Ende-von-Aktivitäts-Feldes in der DLPDU hin von dem Prozessstuenetzwerk.

6. Das Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem das Prozessstuenetzwerk ein Feldbusnetzwerk ist.

7. Ein Verfahren zum Verknüpfen von Messdaten mit einer DLPDU auf einem Prozessstuenetzwerk, das umfasst:

Messen eines empfangenen DLPDU-Objektes auf einem Netzwerksegment um Messdaten abzuleiten; und
 Verknüpfen des empfangenen DLPDU-Objektes mit den Messdaten, wenn ein Gegenwärtig-Aktiv-Attribut Wahr ist, nachdem die Messdaten genommen wurden.

8. Das Verfahren gemäß Anspruch 7, das ferner umfasst:

Setzen eines Gegenwärtig-Aktiv-Attributes auf Wahr nach einem Empfangen eines Start-von-Aktivitäts-Abgrenzers des DLPDU-Objekts; und
 Setzen des Gegenwärtig-Aktiv-Attributs auf Falsch nach einem Empfangen eines Ende-von-Aktivitäts-Abgrenzers des DLPDU-Objekts.

9. Das Verfahren gemäß Anspruch 7, bei dem die Messung durchgeführt wird, während das DLPDU-Objekt auf dem Prozessstuenetzwerk aktiv ist.

10. Das Verfahren gemäß Anspruch 7, bei dem DLPDU-Daten, die das empfangene DLPDU-Objekt repräsentieren, von einer Warteschlange gemäß einer Order gelesen wird, in welcher die DLPDU-Daten

empfangen wurden.

11. Ein Verfahren des Assoziierens von Messdaten mit einem empfangenen Prozesssignal auf einer Prozessstueneschleife, wobei das Verfahren umfasst:
 Empfangen eines Prozesssignals von der Prozessstueneschleife mit einem diagnostischen Werkzeug, das mit der Prozessstueneschleife verbunden ist;
 Messen des empfangenen Prozesssignals, zum Messdaten abzuleiten;
 Schreiben von Daten, die das Prozesssignal repräsentieren, an eine Speicherwarteschlange entlang mit einem gegenwärtig aktiven Attribut;
 Verarbeiten mit dem diagnostischen Werkzeug der Daten bei einer Vorderseite der Speicherwarteschlange, derart dass die Daten, die zuerst in der Speicherwarteschlange gespeichert werden zuerst verarbeitet werden; und
 Verknüpfen der Messdaten mit den Daten von der empfangenen Speicherwarteschlange, wenn das gegenwärtig aktive Attribut, das mit den Daten von der Warteschlange verknüpft ist, zur Zeit einer Verarbeitung Wahr ist.

12. Das Verfahren gemäß Anspruch 11, bei dem das diagnostische Werkzeug durch die Prozessstueneschleife angetrieben wird.

13. Das Verfahren gemäß Anspruch 11, bei dem der Schritt des Verarbeitens durch Software durchgeführt wird.

14. Das Verfahren gemäß Anspruch 11, bei dem der Schritte des Verarbeitens durch einen Schaltkreis durchgeführt wird.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

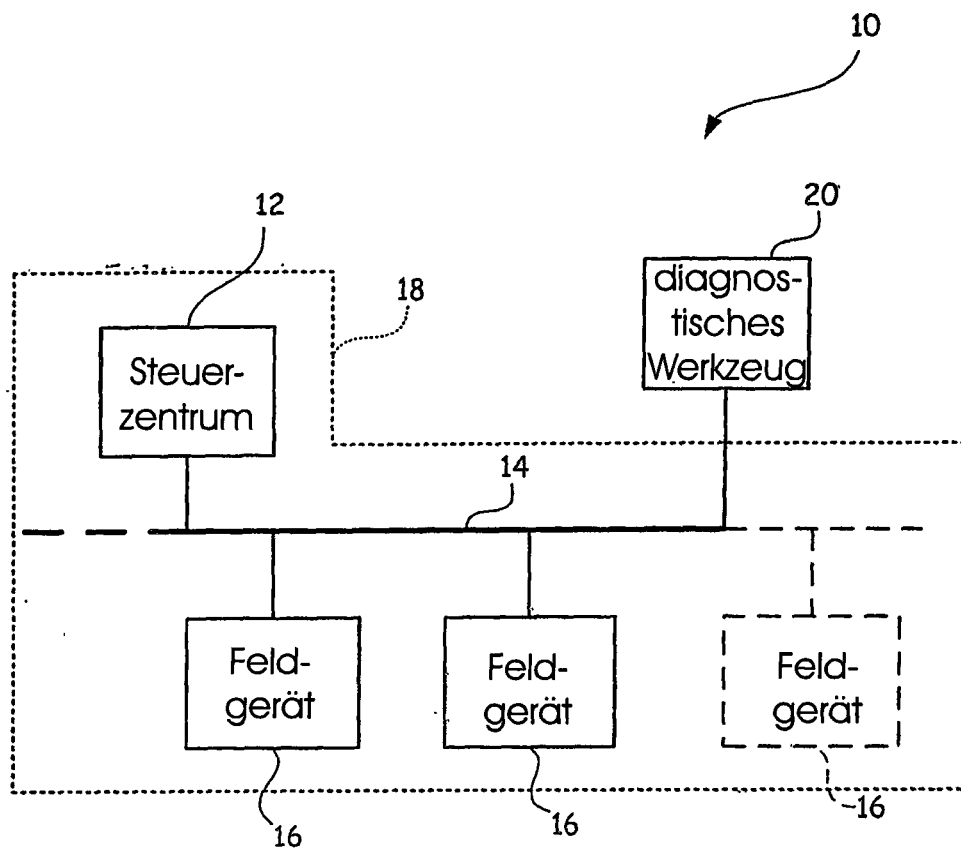


FIG. 1

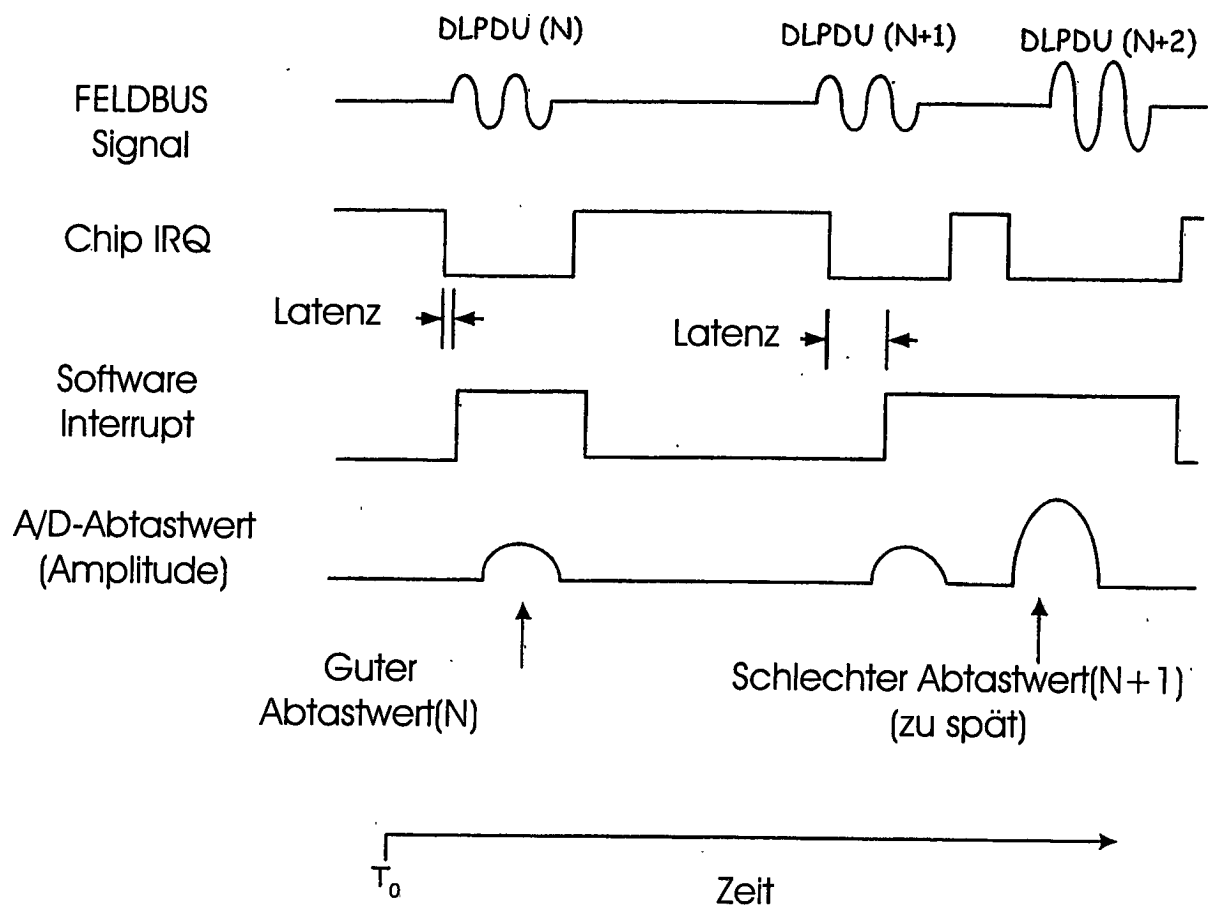


FIG. 2

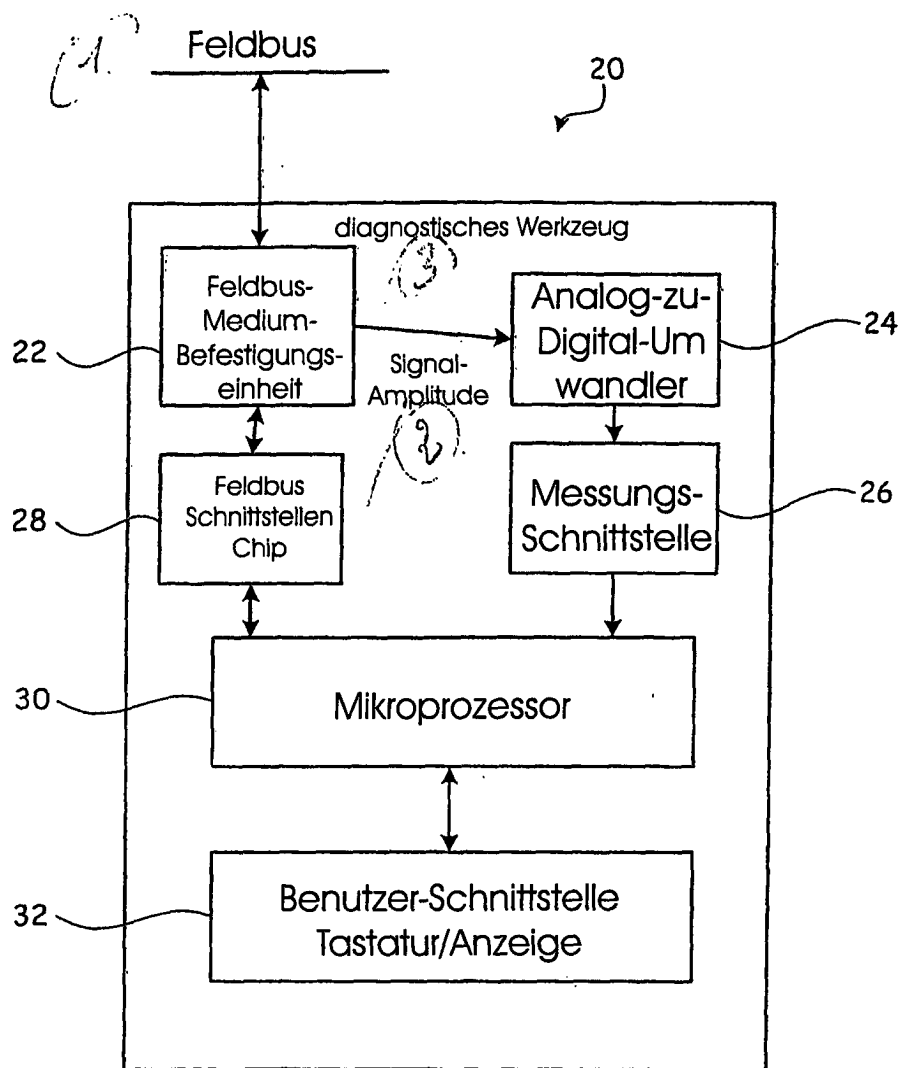


FIG. 3

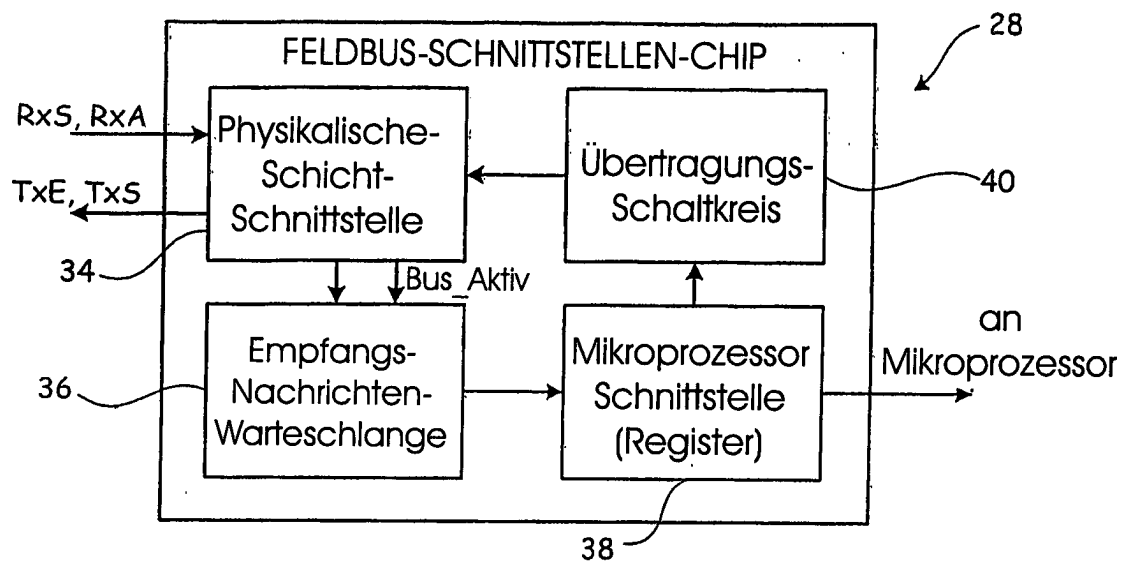


FIG. 4

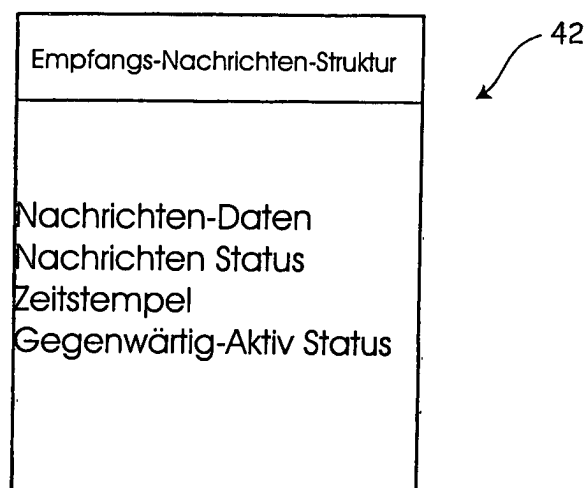


Fig. 5

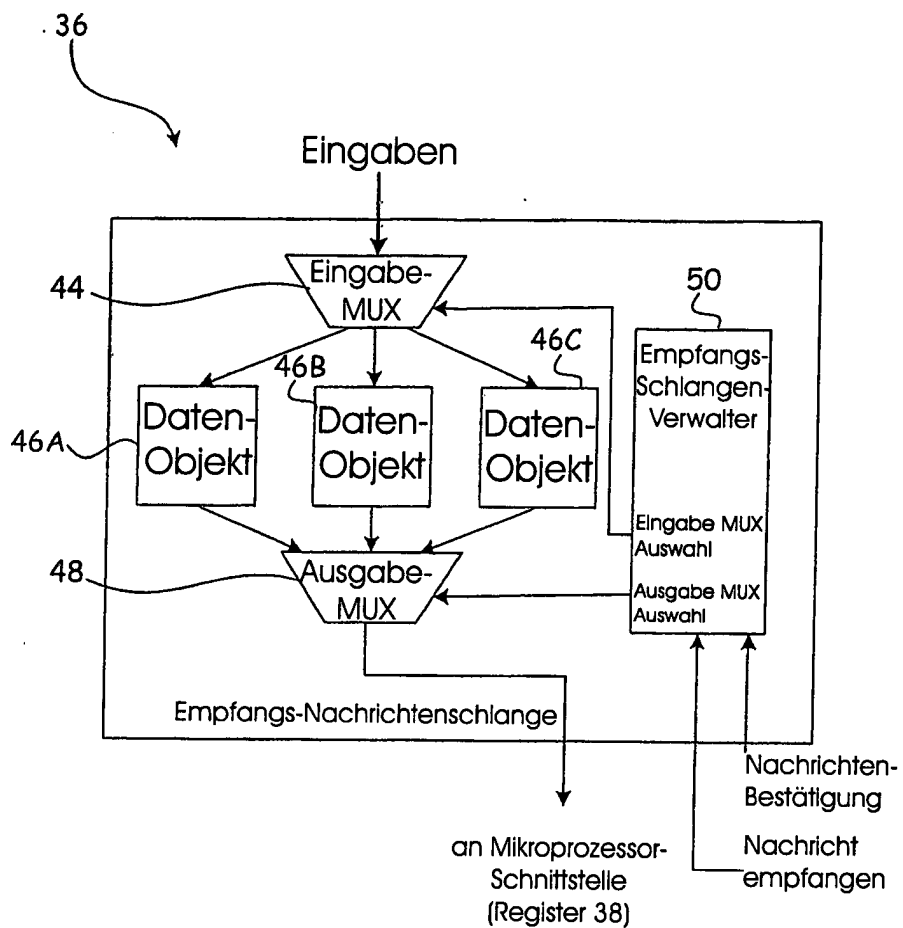


FIG. 6

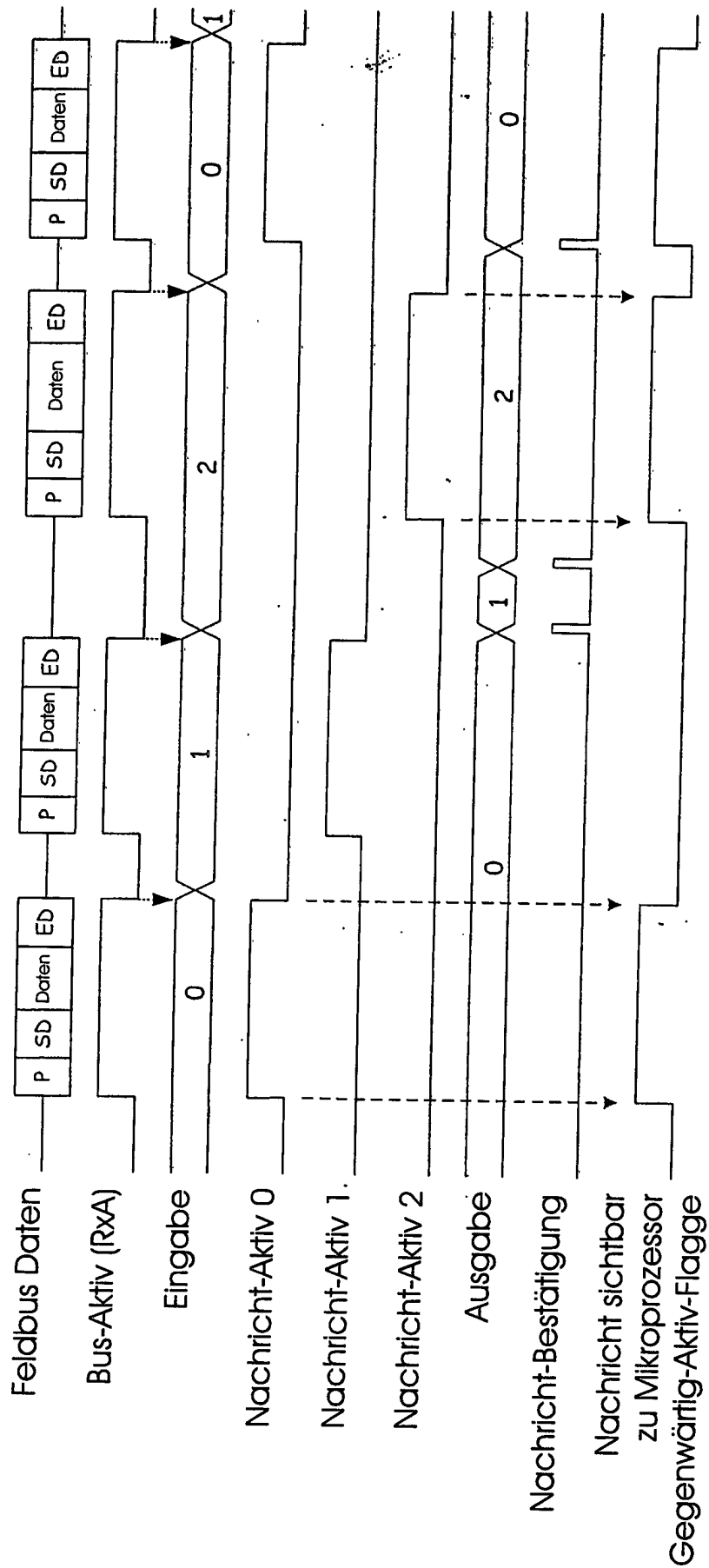


FIG. 7

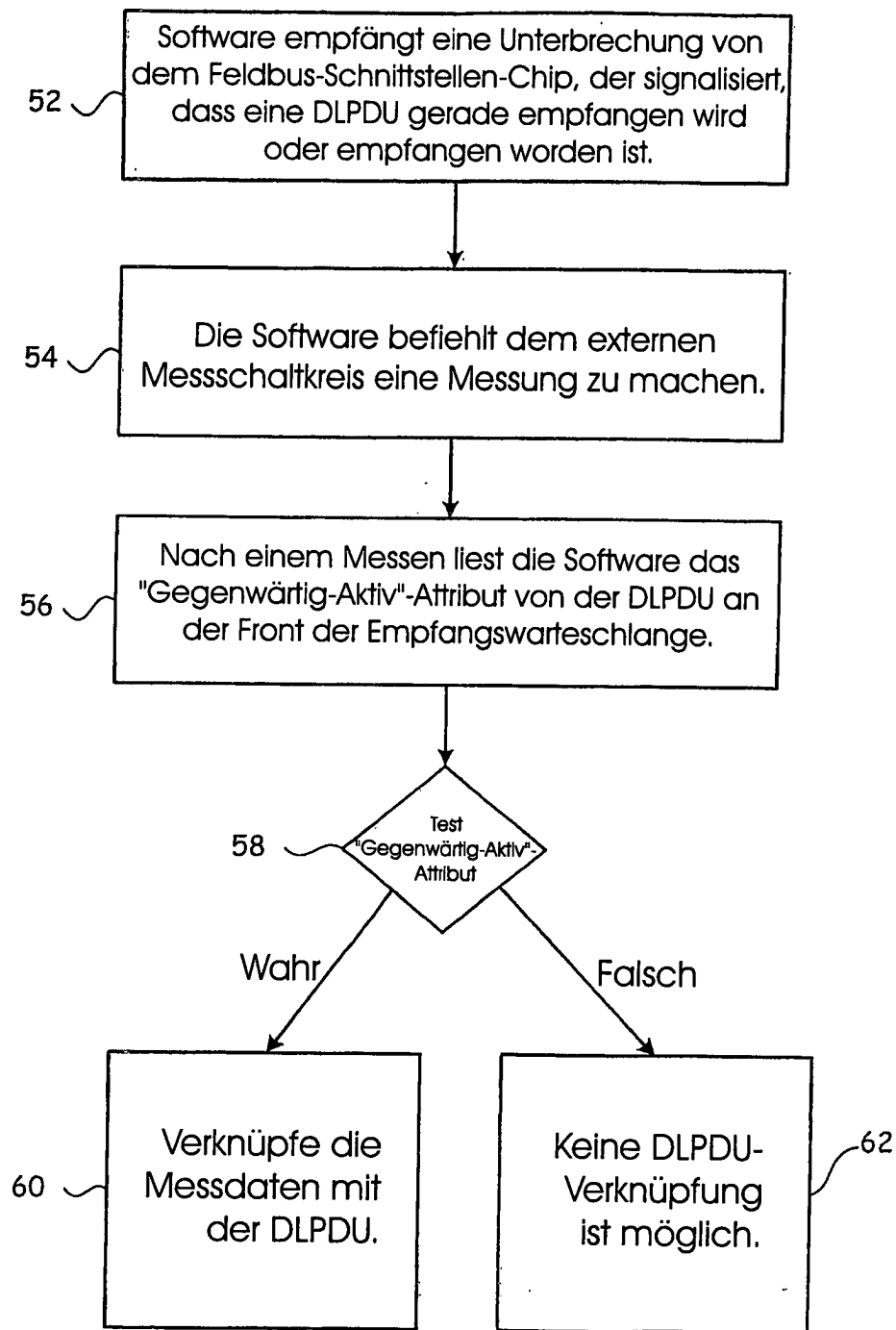


FIG. 8