



(12) **Patentschrift**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2021 006 543.2**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2021/005764**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2022/176031**
(86) PCT-Anmeldetag: **16.02.2021**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **25.08.2022**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **23.11.2023**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **17.10.2024**

(51) Int Cl.: **H04L 47/283 (2022.01)**
G06F 15/163 (2006.01)
H04L 47/24 (2022.01)
G05B 19/042 (2006.01)
G06F 13/00 (2006.01)
H04L 67/025 (2022.01)
H04Q 9/00 (2006.01)

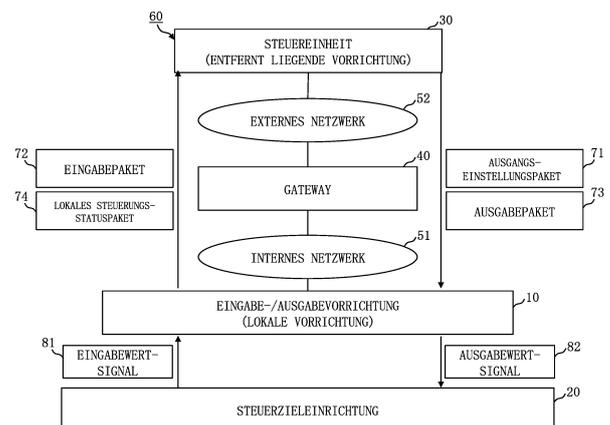
Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber: MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION, Tokyo, JP	(72) Erfinder: Igawa, Koki, Tokyo, JP; Tsukamoto, Yohei, Tokyo, JP; Toyama, Osamu, Tokyo, JP
(74) Vertreter: Pfening, Meinig & Partner mbB Patentanwälte, 80339 München, DE	(56) Ermittelter Stand der Technik: US 2021 / 0 029 080 A1

(54) Bezeichnung: **STEUERUNGSSYSTEM, STEUERUNGSVERFAHREN, UND STEUERPROGRAMM**

(57) Hauptanspruch: Steuerungssystem (60), aufweisend: eine Zustandsmaschine (13, 32), um einen Zustandsübergang zwischen einer Vielzahl von Zuständen auszuführen, die jeweils entweder mit einem entfernten Steuerungsattribut oder einem lokalen Steuerungsattribut als ein Attribut festgelegt sind; und eine Ausführungssteuerungseinheit (14, 33), um eine entfernt liegende Vorrichtung (30) in einer für eine Steuerzieleinrichtung (20) entfernten Umgebung zu veranlassen, einen Ausgabewert-Erzeugungsprozess des Erzeugens eines Ausgabewerts an die Steuerzieleinrichtung durchzuführen, wenn das Attribut eines aktuellen Zustands der Zustandsmaschine das entfernte Steuerungsattribut ist, und um eine lokale Vorrichtung (10) in einer für die Steuerzieleinrichtung lokalen Umgebung zu veranlassen, den Ausgabewert-Erzeugungsprozess durchzuführen, wenn das Attribut des aktuellen Zustands der Zustandsmaschine das lokale Steuerungsattribut ist, wobei die Zustandsmaschine eine entfernt liegende Zustandsmaschine (32) aufweist, die in der entfernt liegenden Vorrichtung verwaltet wird, und eine lokale Zustandsmaschine (13), die in der lokalen Vorrichtung verwaltet wird, wobei die entfernt liegende Zustandsmaschine einen Zustandsübergang zwischen der Vielzahl von Zuständen ausführt, die jeweils entweder mit dem entfernten Steuerungsattribut oder dem lokalen Steuerungsattribut als das Attribut festgelegt sind, wobei die lokale Zustandsmaschine eine Vielzahl von Zuständen enthält, die mit der Vielzahl von Zuständen identisch sind, die in der entfernt liegenden Zustandsma-

schine enthalten sind, und einen Zustandsübergang synchron mit der entfernt liegenden Zustandsmaschine durchführt, wobei ein Attribut, das mit demjenigen eines korrespondierenden Zustands der entfernt liegenden Zustandsmaschine identisch ist, für jeden Zustand festgelegt wird, wobei die Ausführungssteuerungseinheit aufweist: eine entfernte Ausführungssteuerungseinheit (33), die bei der entfernt liegenden Vorrichtung arbeitet und die entfernt liegende Zustandsmaschine verwaltet, und eine lokale Ausführungssteuerungseinheit (14), die bei der lokalen Vorrichtung arbeitet und die lokale Zustandsmaschine ...



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf die Steuerung einer Steuerzeleinrichtung.

Hintergrund zum Stand der Technik

[0002] In den letzten Jahren wird häufig ein Steuerungssystem konstruiert, bei dem eine Steuereinheit und eine EINGABE-/AUSGABEVORRICHTUNG, die eine Eingabe-/Ausgabefunktion in Bezug auf ein Steuerziel mit einem Sensor und/oder Aktor oder dergleichen hat, über ein Netzwerk verbunden sind. In diesem Steuerungssystem kann das Netz zwischen der Steuereinheit und der Eingabe-/Ausgabevorrichtung ein Netz (z. B. das Internet) mit einer hohen Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Kommunikationsverzögerungen und/oder Paketverlusten aufweisen.

[0003] Tritt bei einem Prozess, der eine hohe Reaktionsfähigkeit erfordert (Echtzeiteigenschaften), eine Kommunikationsverzögerung und/oder ein Paketverlust auf, besteht die Möglichkeit, dass die geforderte Reaktionsfähigkeit nicht gegeben ist.

[0004] Als Prozess, der eine hohe Reaktionsfähigkeit erfordert, kann zum Beispiel der folgende Prozess gedacht werden.

(1) Die Steuereinheit erhält von einer Steuerzeleinrichtung mit einem Sensor und einem Motor einen am Sensor erfassten Sensorwert als Eingabewert.

(2) Wenn der Sensorwert ein bestimmter Wert ist, gibt die Steuereinheit an die Steuerzeleinrichtung einen Ausgabewert zum Anhalten des Motors aus.

[0005] Als ein Prozess, der keine hohe Reaktionsfähigkeit erfordert, kann zum Beispiel der folgende Prozess gedacht werden.

(1) Die Steuereinheit erfasst von einer Steuerzeleinrichtung mit einem Druckschalter und einem Monitor einen Zustandswert, um eine Benachrichtigung über einen Zustand des Druckschalters als Eingabewert bereitzustellen.

(2) Basierend auf dem Zustandswert gibt die Steuereinheit einen Ausgabewert an die Steuerzeleinrichtung aus, um den Monitor zu veranlassen, den Zustand des Druckschalters anzuzeigen.

[0006] Als Maßnahmen gegen das Problem, dass die geforderte Reaktionsfähigkeit aufgrund von Kommunikationsverzögerungen und/oder Paketverlusten nicht erfüllt wird, sind folgende Maßnahmen denkbar.

[0007] Die Eingabe-/Ausgabevorrichtung ist beispielsweise mit einer Funktion zur Erkennung von Kommunikationsfehlern, wie z. B. einer Zeitüberschreitung, unter Berücksichtigung der erforderlichen Reaktionsfähigkeit ausgestattet. Wenn die Funktion einen Kommunikationsfehler feststellt, führt sie eine Fehlerbehandlung durch, z. B. einen Fail-Safe-Prozess.

[0008] Wenn jedoch die Häufigkeit der Erkennung von Kommunikationsfehlern hoch ist, kommt es häufig zur Fehlerbehandlung. Wenn also die Häufigkeit der Erkennung von Kommunikationsfehlern hoch ist, sinkt die Verfügbarkeit des Steuerungssystems.

[0009] Gleichzeitig gibt es ein Verfahren zur Durchführung eines bestimmten Prozesses in der Nähe der Steuerzeleinrichtung.

[0010] In der Patentliteratur 1 wird beispielsweise ein Steuerungssystem offenbart, bei dem ein Prozess, der eine hohe Reaktionsfähigkeit erfordert, von einer lokalen Vorrichtung in einer Fabrik und ein Prozess, der keine hohe Reaktionsfähigkeit erfordert, von einer entfernt liegenden Vorrichtung in einem Verwaltungszentrum über das Internet durchgeführt wird.

[0011] Dokument US 2021 / 0 029 080 A1 beschreibt ein Verfahren zur Verbesserung des Abrufens von Inhalt durch Auswahl von Tunnelvorrichtungen.

Referenzliste

Patentliteratur

[0012] Patentliteratur 1: JP 2002-82711

Kurzfassung der Erfindung

Technische Aufgabe

[0013] Wenn eine Zustandsmaschine für die Steuerung der Steuerzeleinrichtung verwendet wird, variiert ein auszuführender Prozess je nach Zustand. Auch die Reihenfolge der Durchführung der Prozesse variiert je nach Situation des Zustandsübergangs. Bei der Steuerung der Steuerzeleinrichtung wird ein Ausgabewert-Erzeugungsprozess zur Erzeugung eines Ausgabewerts für die Steuerzeleinrichtung durchgeführt. Wenn also eine Zustandsmaschine zur Steuerung der Steuerzeleinrichtung verwendet wird, variiert der auszuführende Ausgabewert-Erzeugungsprozess in Abhängigkeit von jedem Zustand, und die Reihenfolge der Ausführung der Ausgabewert-Erzeugungsprozesse variiert je nach der Situation eines Zustandsübergangs.

[0014] In dem Schema der Patentliteratur 1 sind die Prozesse der entfernt liegenden Vorrichtung und der lokalen Vorrichtung fest zugeordnet. So besteht in dem Schema der Patentliteratur 1 das Problem, dass die Vorrichtung, die den Ausgabewert-Erzeugungsprozess durchführen soll, nicht für jeden Zustand gemäß dem Zustandsübergang zwischen der entfernt liegenden Vorrichtung und der lokalen Vorrichtung umgeschaltet werden kann.

[0015] Ein Hauptziel der vorliegenden Offenbarung ist es, das oben beschriebene Problem zu lösen. Genauer gesagt, besteht ein Hauptziel der vorliegenden Offenbarung darin, die Vorrichtung, die veranlasst werden soll, den Ausgabewert-Erzeugungsprozess durchzuführen, für jeden Zustand gemäß dem Zustandsübergang zwischen der entfernt liegenden Vorrichtung und der lokalen Vorrichtung umzuschalten.

Lösung der Aufgabe

[0016] Diese Aufgabe wird durch Gegenstände mit den Merkmalen nach den unabhängigen Ansprüchen gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind Gegenstand der Figuren, der Beschreibung und der abhängigen Ansprüche. Ein hier ferner offenbartes Steuerungssystem umfasst:

eine Zustandsmaschine, um einen Zustandsübergang zwischen einer Vielzahl von Zuständen auszuführen, die jeweils entweder mit einem entfernten Steuerungsattribut oder einem lokalen Steuerungsattribut als ein Attribut festgelegt sind; und

eine Ausführungssteuerungseinheit, um eine entfernt liegende Vorrichtung in einer für eine Steuerzeleinrichtung entfernten Umgebung zu veranlassen, einen Ausgabewert-Erzeugungsprozess zum Erzeugen eines Ausgabewerts an die Steuerzeleinrichtung durchzuführen, wenn das Attribut eines aktuellen Zustands der Zustandsmaschine das entfernte Steuerungsattribut ist, und um eine lokale Vorrichtung in einer für die Steuerzeleinrichtung lokalen Umgebung zu veranlassen, den Ausgabewert-Erzeugungsprozess durchzuführen, wenn das Attribut des aktuellen Zustands der Zustandsmaschine das lokale Steuerungsattribut ist.

Vorteilhafte Wirkungen der Erfindung

[0017] Gemäß der vorliegenden Offenbarung kann die Vorrichtung, die den Ausgabewert-Erzeugungsprozess durchführen soll, für jeden Zustand gemäß dem Zustandsübergang zwischen der entfernt liegenden Vorrichtung und der lokalen Vorrichtung umgeschaltet werden.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

Fig. 1 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für den Aufbau eines Steuerungssystems gemäß Ausführungsform 1 zeigt.

Fig. 2 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für eine Zustandsmaschine gemäß Ausführungsform 1 zeigt.

Fig. 3 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für ein Ausgangseinstellungspaket gemäß Ausführungsform 1 zeigt.

Fig. 4 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für ein Eingabepaket gemäß Ausführungsform 1 zeigt.

Fig. 5 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für ein Ausgabepaket gemäß Ausführungsform 1 zeigt.

Fig. 6 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für ein lokales Steuerungsstatuspaket gemäß Ausführungsform 1 zeigt.

Fig. 7 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für eine Zustandsattributentabelle gemäß Ausführungsform 1 zeigt.

Fig. 8 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für die funktionelle Struktur einer Eingabe-/Ausgabevorrichtung gemäß Ausführungsform 1 zeigt.

Fig. 9 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für die funktionelle Struktur einer Steuereinheit gemäß Ausführungsform 1 zeigt.

Fig. 10 ist ein Flussdiagramm, das ein Beispiel für einen Initialisierungsprozess gemäß Ausführungsform 1 zeigt.

Fig. 11 ist ein Flussdiagramm, das ein Beispiel eines Eingabe-/Ausgabevorgangs der Eingabe-/Ausgabevorrichtung gemäß Ausführungsform 1 zeigt.

Fig. 12 ist ein Flussdiagramm, das ein Beispiel für den Betrieb der Steuereinheit gemäß Ausführungsform 1 zeigt.

Fig. 13 ist ein Flussdiagramm, das ein Beispiel für den Betrieb der Eingabe-/Ausgabevorrichtung gemäß Ausführungsform 1 zeigt.

Fig. 14 ist ein Flussdiagramm, das ein Beispiel für den Betrieb der Eingabe-/Ausgabevorrichtung gemäß Ausführungsform 1 zeigt.

Fig. 15 ist ein Diagramm, das die Wirkungen gemäß Ausführungsform 1 beschreibt.

Fig. 16 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für den Aufbau eines Steuerungssystems gemäß Ausführungsform 2 zeigt.

Fig. 17 ist ein Flussdiagramm, das ein Beispiel für einen lokalen Eingabeprozess gemäß Ausführungsform 2 zeigt.

Fig. 18 ist ein Flussdiagramm, das ein Beispiel für den Betrieb einer Eingabe-/Ausgabevorrichtung gemäß Ausführungsform 2 zeigt.

Fig. 19 ist ein Flussdiagramm, das ein Beispiel für den Betrieb der Eingabe-/Ausgabevorrichtung gemäß Ausführungsform 2 zeigt.

Fig. 20 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für den Aufbau eines Steuerungssystems gemäß Ausführungsform 3 zeigt.

Fig. 21 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für die funktionale Struktur eines Gateways gemäß Ausführungsform 3 zeigt.

Fig. 22 ist ein Flussdiagramm, das ein Beispiel für einen Eingabeprozess des Gateways gemäß Ausführungsform 3 zeigt.

Fig. 23 ist ein Flussdiagramm, das ein Beispiel für den Betrieb des Gateways gemäß Ausführungsform 3 zeigt.

Fig. 24 ist ein Flussdiagramm, das ein Beispiel für einen Initialisierungsprozess gemäß Ausführungsform 4 zeigt.

Fig. 25 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für die Hardware-Struktur der Eingabe-/Ausgabevorrichtung gemäß Ausführungsform 1 zeigt.

Fig. 26 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für die Hardware-Struktur der Steuereinheit gemäß Ausführungsform 1 zeigt.

Fig. 27 ist ein Diagramm, das ein Beispiel für die Hardware-Struktur des Gateways gemäß Ausführungsform 3 zeigt.

Beschreibung von Ausführungsformen

[0018] Im Folgenden werden die Ausführungsformen anhand der Zeichnungen beschrieben. In der nachstehenden Beschreibung der Ausführungsformen und in den Zeichnungen illustriert ein mit demselben Bezugszeichen versehener Teil denselben oder einen entsprechenden Teil.

Ausführungsform 1.

Beschreibung der Struktur

[0019] **Fig. 1** zeigt ein Beispiel für den Aufbau eines Steuerungssystems 60 gemäß der vorliegenden Ausführungsform.

[0020] Das Steuerungssystem 60 gemäß der vorliegenden Ausführungsform umfasst eine Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 und eine Steuereinheit 30. Die in der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 und der Steuereinheit 30 durchzuführende Operation entspricht einem Steuerungsverfahren.

[0021] Das Steuerungssystem 60 ist ein System zur Steuerung einer Steuerzeleinrichtung 20.

[0022] Die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 ist eine Vorrichtung in einer für die Steuerzeleinrichtung lokalen Umgebung 20. Die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 entspricht einer lokalen Vorrichtung. Auch die Arbeitsweise der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 entspricht einem Signalverarbeitungsverfahren.

[0023] Die für die Steuerzeleinrichtung lokale Umgebung 20 ist eine Umgebung, in der die Kommunikationsverzögerung und der Jitter, die bei der Kommunikation mit der Steuerzeleinrichtung 20 auftreten, innerhalb eines zulässigen Bereichs liegen und die Vorhersage der schlechtesten Werte der Kommunikationsverzögerung und des Jitters nicht schwierig ist. In der vorliegenden Ausführungsform ist die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 direkt mit der Steuerzeleinrichtung 20 verbunden. So treten zwischen der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 und der Steuerzeleinrichtung 20 kaum Kommunikationsverzögerungen und Jitter auf. Auch wenn Kommunikationsverzögerung und Jitter auftreten, ist es einfach, die schlechtesten Werte für Kommunikationsverzögerung und Jitter vorherzusagen. Die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 befindet sich also in einer für die Steuerzeleinrichtung 20 lokalen Umgebung. Während in der vorliegenden Ausführungsform ein Beispiel dargestellt ist, bei dem die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 und die Steuerzeleinrichtung 20 direkt miteinander verbunden sind, können die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 und die Steuerzeleinrichtung 20 auch über eine Kommunikationsleitung miteinander verbunden sein, bei der die Kommunikationsverzögerung und der Jitter innerhalb eines zulässigen Bereichs liegen und die Vorhersage der schlechtesten Werte der Kommunikationsverzögerung und des Jitters nicht schwierig ist.

[0024] Die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 empfängt ein Ausgangseinstellungspaket 71, das von der Steuereinheit 30 über ein internes Netzwerk 51 von einem Gateway 40 übertragen wird. Das Ausgangseinstellungspaket 71 ist für einen Initialisierungsprozess der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 bestimmt.

[0025] Die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 empfängt wiederholt ein Eingabewertsignal 81 von der Steuerzeleinrichtung 20. Mit dem Eingabewertsignal 81 wird eine Benachrichtigung über einen Eingabewert von der Steuerzeleinrichtung 20 bereitgestellt.

[0026] Außerdem überträgt die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 bei jedem Empfang des Eingabewertsignals 81 von der Steuerzeleinrichtung 20 ein Eingabepaket 72 über das interne Netzwerk 51 an das Gateway 40. Mit dem Eingabepaket 72 erfolgt die

Benachrichtigung über den Eingabewert von der Steuerzeleinrichtung 20.

[0027] Außerdem überträgt die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 ein lokales Steuerungsstatuspaket 74 über das interne Netzwerk 51 an das Gateway 40. Mit dem lokalen Steuerungsstatuspaket 74 werden die Benachrichtigung über ein Zustandsübergangsziel, das weiter unten beschrieben wird, und ein aktualisierter Wert eines gemeinsamen internen Wertes übermittelt.

[0028] Der gemeinsame interne Wert ist ein interner Wert, der von der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 und der Steuereinheit 30 gemeinsam genutzt wird. Der gemeinsame interne Wert ist ein Wert, der benötigt wird, wenn eine Rechenoperation an einer primitiven Zustandsmaschine und einer lokalen Zustandsmaschine durchgeführt wird, die weiter unten beschrieben wird. Die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 und die Steuereinheit 30 sind verpflichtet, den gemeinsamen internen Wert synchron zu aktualisieren.

[0029] Außerdem empfängt die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 ein Ausgabepaket 73, das von der Steuereinheit 30 über das interne Netzwerk 51 vom Gateway 40 übertragen wird. Mit dem Ausgabepaket 73 erfolgt die Benachrichtigung über einen Ausgabewert an die Steuerzeleinrichtung 20, ein Zustandsübergangsziel und einen aktualisierten Wert des gemeinsamen internen Wertes.

[0030] Außerdem überträgt die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 ein Ausgabewertsignal 82 an die Steuerzeleinrichtung 20. Durch das Ausgabewertsignal 82 erfolgt die Benachrichtigung der Steuerzeleinrichtung 20 über den Ausgabewert.

[0031] Die Steuerzeleinrichtung 20 ist beispielsweise eine Einrichtung mit einem Sensor und einem Aktor.

[0032] Der Eingabewert, über den die Benachrichtigung durch das Eingabewertsignal 81 erfolgt, ist z. B. ein vom Sensor erfasster Wert. Auch der Ausgabewert, dessen Benachrichtigung durch das Ausgabewertsignal 82 erfolgt, ist z. B. eine Stellgröße zur Steuerung des Aktors.

[0033] Wenn die Steuerzeleinrichtung 20 einen Druckschalter und einen Monitor hat, kann der Eingabewert, dessen Benachrichtigung durch das Eingabewertsignal 81 bereitgestellt wird, auch ein Zustandswert sein, der eine Benachrichtigung über den Zustand des Druckschalters liefert. Der Ausgabewert, dessen Benachrichtigung durch das Ausgabewertsignal 82 erfolgt, kann auch ein Wert sein, der den Monitor veranlasst, einen Zustand des Druckschalters anzuzeigen.

[0034] Die Steuereinheit 30 ist eine in einer für die Steuerzeleinrichtung entfernten Umgebung liegende Vorrichtung 20. Die Steuereinheit 30 entspricht einer entfernt liegenden Vorrichtung. Auch die Arbeitsweise der Steuereinheit 30 entspricht einem Paketverarbeitungsverfahren.

[0035] Die für die Steuerzeleinrichtung 20 entfernte Umgebung ist eine Umgebung, in der die Kommunikationsverzögerung und der Jitter, die bei der Kommunikation mit der Steuerzeleinrichtung 20 auftreten, außerhalb eines zulässigen Bereichs liegen und die Vorhersage der schlechtesten Werte der Kommunikationsverzögerung und des Jitters schwierig ist. Die Steuereinheit 30 ist über die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10, das interne Netzwerk 51, das Gateway 40 und ein externes Netzwerk 52 mit der Steuerzeleinrichtung 20 verbunden. Daher sind die Kommunikationsverzögerung und der Jitter bei der Kommunikation zwischen der Steuereinheit 30 und der Steuerzeleinrichtung 20 groß, und die Vorhersage der schlimmsten Werte der Kommunikationsverzögerung und des Jitters ist schwierig. Daher befindet sich die Steuereinheit 30 in einer für die Steuerzeleinrichtung 20 entfernten Umgebung.

[0036] Das Gateway 40 ist über das interne Netzwerk 51 mit der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 und über das externe Netzwerk 52 mit der Steuereinheit 30 verbunden.

[0037] Das Gateway 40 leitet zwischen der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 und der Steuereinheit 30 die Kommunikation des Ausgangseinstellungspakets 71, des Eingabepakets 72, des Ausgabepakets 73 und des lokalen Steuerungsstatuspakets 74 weiter.

[0038] Das interne Netzwerk 51 ist ein Kommunikationspfad, in dem nur ein angenommener Verkehr stattfindet, Kommunikationsverzögerung und Jitter innerhalb eines zulässigen Bereichs liegen und die Vorhersage der schlechtesten Werte von Kommunikationsverzögerung und Jitter einfach ist. Das interne Netzwerk 51 ist z.B. ein Feldnetzwerk.

[0039] Das externe Netzwerk 52 ist ein Kommunikationspfad, in dem ein nicht angenommener Verkehr vorhanden sein kann, Kommunikationsverzögerung und Jitter außerhalb eines zulässigen Bereichs liegen und eine Vorhersage der schlechtesten Werte von Kommunikationsverzögerung und Jitter schwierig ist. Das externe Netzwerk 52 ist z.B. das Internet.

[0040] Fig. 2 zeigt ein Beispiel für eine Zustandsmaschine zur Verwendung in der vorliegenden Ausführungsform.

[0041] Zu den Zustandsmaschinen zur Verwendung in der vorliegenden Ausführungsform gehören eine

primitive Zustandsmaschine und eine lokale Zustandsmaschine.

[0042] Bei der primitiven Zustandsmaschine handelt es sich um eine Zustandsmaschine, die von der Steuereinheit 30 verwaltet wird. Die primitive Zustandsmaschine entspricht einer entfernt liegenden Zustandsmaschine.

[0043] Die lokale Zustandsmaschine ist eine Zustandsmaschine, die von der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 verwaltet wird.

[0044] Die primitive Zustandsmaschine ist eine Zustandsmaschine, in der eine Vielzahl von Zuständen mit definierten Steuerspezifikationen enthalten sind. Die primitive Zustandsmaschine führt einen Zustandsübergang zwischen der Vielzahl von Zuständen durch.

[0045] Außerdem wird in jedem der Vielzahl von Zuständen, die in der primitiven Zustandsmaschine enthalten sind, entweder ein entferntes Steuerungsattribut oder ein lokales Steuerungsattribut als Attribut festgelegt. Beträgt die Anzahl der in der primitiven Zustandsmaschine enthaltenen Zustände beispielsweise N ($N \geq 2$), sind in der primitiven Zustandsmaschine L ($1 \leq L < N$) Zustände mit jeweils einem lokalen Steuerungsattribut und $(N-L)$ Zustände mit jeweils einem entfernten Steuerungsattribut vorhanden.

[0046] Außerdem ist in jedem Zustand der primitiven Zustandsmaschine ein arithmetisches Mittel enthalten. Jedes arithmetische Mittel führt eine arithmetische Operation unter Verwendung eines Eingabewerts und eines gemeinsamen internen Werts durch. Jedes arithmetische Mittel erfasst über eine arithmetische Operation ein Zustandsübergangziel, einen Ausgabewert und einen aktualisierten Wert des gemeinsamen internen Wertes.

[0047] Die Steuereinheit 30 veranlasst den Zustandsübergang der primitiven Zustandsmaschine zu dem Zustandsübergangziel, das durch die arithmetische Operation der Recheneinrichtung erreicht wird. Darüber hinaus kann die Steuereinheit 30 veranlassen, dass der Zustand der primitiven Zustandsmaschine einen Zustandsübergang zu dem Zustandsübergangziel durchführt, worüber eine Benachrichtigung von der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 bereitgestellt wird.

[0048] Außerdem wird für jeden Zustand eine benötigte Antwortzeit angegeben. Die benötigte Antwortzeit ist eine Zeit, die in der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 vom Empfang eines Eingabewerts von der Steuerzeleinrichtung 20 bis zur Übertragung eines Ausgabewerts an die Steuerzeleinrichtung 20 benötigt wird.

[0049] Je nach benötigter Antwortzeit der einzelnen Zustände kann die Steuereinheit 30 das Attribut jedes Zustands entweder als entferntes Steuerungsattribut oder als lokales Steuerungsattribut festlegen.

[0050] Die lokale Zustandsmaschine enthält eine Vielzahl von Zuständen, die mit der Vielzahl von Zuständen der primitiven Zustandsmaschine identisch sind. Die lokale Zustandsmaschine führt einen Zustandsübergang synchron mit der primitiven Zustandsmaschine durch.

[0051] Außerdem wird in der lokalen Zustandsmaschine in jedem Zustand ein Attribut festgelegt, das mit dem des korrespondierenden Zustands der primitiven Zustandsmaschine identisch ist. Das heißt, wie bei der primitiven Zustandsmaschine sind auch in der lokalen Zustandsmaschine L Zustände mit jeweils einem lokalen Steuerungsattribut und $(N-L)$ Zustände mit jeweils einem entfernten Steuerungsattribut vorhanden.

[0052] In der lokalen Zustandsmaschine ist das arithmetische Mittel nur in einem Zustand enthalten, der ein lokales Steuerungsattribut aufweist. Arithmetische Mittel sind in einem Zustand mit einem entfernten Steuerungsattribut nicht enthalten. Das arithmetische Mittel des Zustands mit dem lokalen Steuerungsattribut in der lokalen Zustandsmaschine führt eine ähnliche Operation aus wie das arithmetische Mittel des korrespondierenden Zustands in der primitiven Zustandsmaschine.

[0053] Wenn die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 ein Zustandsübergangziel aus der arithmetischen Operation der Recheneinrichtung erhält, veranlasst sie den Zustand der primitiven Zustandsmaschine, einen Übergang zu dem durch die arithmetische Operation der Recheneinrichtung erhaltenen Zustandsübergangziel durchzuführen. Außerdem kann die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 bewirken, dass der Zustand der primitiven Zustandsmaschine einen Zustandsübergang zu dem Zustandsübergangziel vollzieht, für das eine Benachrichtigung von der Steuereinheit 30 bereitgestellt wird.

[0054] Hier werden das entfernte Steuerungsattribut und das lokale Steuerungsattribut beschrieben.

[0055] Das entfernte Steuerungsattribut ist ein Attribut mit einem Ausgabewert-Erzeugungsprozess, einem Zustandsübergangziel-Festlegungsprozess und einem gemeinsamen internen Wertaktualisierungsprozess, der von den arithmetischen Mitteln der primitiven Zustandsmaschine durchgeführt wird. Andererseits ist das lokale Steuerungsattribut ein Attribut mit einem Ausgabewert-Erzeugungsprozess, einem Zustandsübergangziel-Festlegungsprozess und einem gemeinsamen internen Wertaktualisierungsprozess, der von den arithmetischen

Mitteln der lokalen Zustandsmaschine durchgeführt wird.

[0056] Der Ausgabewert-Erzeugungsprozess ist ein Prozess zur Erzeugung eines Ausgabewerts an die Steuerzeleinrichtung 20 auf der Grundlage des Eingabewerts der Steuerzeleinrichtung 20. Es ist zu beachten, dass der Ausgabewert-Erzeugungsprozess ein Prozess zur Erzeugung eines Ausgabewertes an die Steuerzeleinrichtung 20 sein kann, der auf dem gemeinsamen internen Wert zusätzlich zum Eingabewert basiert. Der Zustandsübergangziel-Festlegungsprozess ist ein Prozess zur Festlegung der Zustandsübergangziele der primitiven Zustandsmaschine und der lokalen Zustandsmaschine. Der Aktualisierungsprozess des gemeinsamen internen Wertes ist ein Prozess der Aktualisierung des gemeinsamen internen Wertes an der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 und der Steuereinheit 30.

[0057] Im Beispiel von **Fig. 2** sind in der primitiven Zustandsmaschine vier Zustände, nämlich ST_0, ST_1, ST_2 und ST_3, enthalten. Außerdem wird ein entferntes Steuerungsattribut auf ST_0, ST_1 und ST_3 festgelegt, und ein lokales Steuerungsattribut auf ST_2. In der primitiven Zustandsmaschine gibt es in ST_0, ST_1, ST_2 und ST_3 jeweils ein arithmetisches Mittel.

[0058] Wie bei der lokalen Zustandsmaschine gibt es vier Zustände, nämlich ST_0, ST_1, ST_2 und ST_3, aber das arithmetische Mittel ist nur in ST_2 vorhanden, wo ein lokales Steuerungsattribut festgelegt ist.

[0059] **Fig. 3** zeigt ein Beispiel für das Ausgangseinstellungspaket 71.

[0060] Wie oben beschrieben, wird das Ausgangseinstellungspaket 71 von der Steuereinheit 30 an die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 übertragen.

[0061] Das Ausgangseinstellungspaket 71 enthält eine Kopfzeile, eine Zustandsattributtabelle, ein lokales Zustandsmaschinenprogramm und einen Footer.

[0062] Die Zustandsattributtabelle ist eine Tabelle, die ein Attribut für jeden Zustand der primitiven Zustandsmaschine und der lokalen Zustandsmaschine enthält.

[0063] Das lokale Zustandsmaschinenprogramm ist ein Programm, das arithmetische Mittel des Zustands mit dem lokalen Steuerungsattribut realisiert. Das heißt, das lokale Zustandsmaschinenprogramm ist ein Programm, das die lokale Zustandsmaschine veranlasst, den Ausgabewert-Erzeugungsprozess, den Zustandsübergangziel-

Festlegungsprozess und den Prozess zur Aktualisierung der gemeinsamen internen Werte auszuführen.

[0064] Das lokale Zustandsmaschinenprogramm wird in der Steuereinheit 30 erstellt.

[0065] **Fig. 4** zeigt ein Beispiel für ein Eingabepaket 72.

[0066] Wie oben beschrieben, wird das Eingabepaket 72 von der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 an die Steuereinheit 30 übertragen.

[0067] Das Eingabepaket 72 enthält eine Kopfzeile, einen Eingabewert und einen Footer.

[0068] Der Eingabewert ist ein Wert, dessen Benachrichtigung durch das Eingabewertsignal 81 erfolgt.

[0069] **Fig. 5** zeigt ein Beispiel für das Ausgabepaket 73.

[0070] Wie oben beschrieben, wird das Ausgabepaket 73 von der Steuereinheit 30 an die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 übertragen.

[0071] Das Ausgabepaket 73 enthält eine Kopfzeile, einen Ausgabewert, ein Zustandsübergangziel, einen gemeinsamen internen Wert und einen Footer.

[0072] Wenn das Attribut des aktuellen Zustands der primitiven Zustandsmaschine und der lokalen Zustandsmaschine ein entferntes Steuerungsattribut ist, wird durch das Ausgabepaket 73 eine Benachrichtigung über den Ausgabewert, das Zustandsübergangziel und den aktualisierten Wert des gemeinsamen internen Werts, der durch die arithmetische Operation der arithmetischen Mittel der primitiven Zustandsmaschine erworben wurde, bereitgestellt. Wenn der gemeinsam genutzte interne Wert nicht aktualisiert wird, darf der gemeinsam genutzte interne Wert nicht in das Ausgabepaket 73 aufgenommen werden.

[0073] **Fig. 6** zeigt ein Beispiel für das lokale Steuerungsstatuspaket 74.

[0074] Wie oben beschrieben, wird das lokale Steuerungsstatuspaket 74 von der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 an die Steuereinheit 30 übertragen.

[0075] Das lokale Steuerungsstatuspaket 74 enthält eine Kopfzeile, ein Zustandsübergangziel, einen gemeinsamen internen Wert und einen Footer.

[0076] Wenn das Attribut des aktuellen Zustands der primitiven Zustandsmaschine und der lokalen Zustandsmaschine ein lokales Steuerungsattribut ist, wird durch das lokale Steuerungsstatuspaket 74

eine Benachrichtigung über das Zustandsübergangsziel und den aktualisierten Wert des gemeinsamen internen Werts, der durch die arithmetische Operation der arithmetischen Mittel der lokalen Zustandsmaschine erworben wurde, bereitgestellt. Wenn der gemeinsam genutzte interne Wert nicht aktualisiert wird, darf der gemeinsam genutzte interne Wert nicht in das lokale Steuerungsstatuspaket 74 aufgenommen werden.

[0077] Fig. 7 zeigt ein Beispiel für eine Zustandsattributentabelle.

[0078] Wie oben beschrieben, ist die Zustandsattributentabelle eine Tabelle, die ein Attribut jedes Zustands in der primitiven Zustandsmaschine und der lokalen Zustandsmaschine angibt.

[0079] Im Beispiel von Fig. 7 werden vier Zustände, nämlich ST_0, ST_1, ST_2 und ST_3, wie in Fig. 2 dargestellt, und die Attribute der einzelnen Zustände gezeigt.

[0080] Fig. 8 zeigt ein Beispiel für den funktionellen Aufbau der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 gemäß der vorliegenden Ausführungsform.

[0081] Fig. 25 zeigt ein Beispiel für die Hardware-Struktur der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10.

[0082] Zunächst wird unter Bezugnahme auf Fig. 25 ein Beispiel für den Hardwareaufbau der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 beschrieben.

[0083] Die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist ein Computer.

[0084] Die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 umfasst als Hardware einen Prozessor 701, eine Hauptspeichervorrichtung 702, eine Hilfsspeichervorrichtung 703 und eine Kommunikationsvorrichtung 704.

[0085] In der Hilfsspeichervorrichtung 703 sind Programme gespeichert, die die Funktionen einer ersten Kommunikationseinheit 11, einer zweiten Kommunikationseinheit 12, einer lokalen Zustandsmaschine 13 und einer Ausführungssteuerungseinheit 14, die weiter unten unter Bezugnahme auf Fig. 8 beschrieben werden, realisieren. Man beachte, dass die Programme, die die Funktionen der ersten Kommunikationseinheit 11, der zweiten Kommunikationseinheit 12 und der Ausführungssteuerungseinheit 14 realisieren, einem Signalverarbeitungsprogramm entsprechen.

[0086] Diese Programme werden von der Hilfsspeichervorrichtung 703 in die Hauptspeichervorrichtung 702 geladen. Anschließend führt der Prozessor 701 diese Programme aus, um Operationen der ersten

Kommunikationseinheit 11, der zweiten Kommunikationseinheit 12, der lokalen Zustandsmaschine 13 und der Ausführungssteuerungseinheit 14 durchzuführen, die weiter unten beschrieben werden.

[0087] In Fig. 25 ist schematisch ein Zustand dargestellt, in dem der Prozessor 701 die Programme ausführt, die die Funktionen der ersten Kommunikationseinheit 11, der zweiten Kommunikationseinheit 12, der lokalen Zustandsmaschine 13 und der Ausführungssteuerungseinheit 14 realisieren.

[0088] Man beachte, dass die Programme, die die Funktionen der lokalen Zustandsmaschine 13 und der Ausführungssteuerungseinheit 14 realisieren, und die Programme, die die Funktionen einer primitiven Zustandsmaschine 32 und einer Ausführungssteuerungseinheit 33 realisieren, die weiter unten beschrieben werden, einem Steuerprogramm entsprechen.

[0089] Als nächstes wird anhand von Fig. 8 ein Beispiel für den funktionalen Aufbau der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 beschrieben.

[0090] Die erste Kommunikationseinheit 11 kommuniziert mit der Steuerzieleinrichtung 20.

[0091] Konkret empfängt die erste Kommunikationseinheit 11 mit Hilfe der Kommunikationsvorrichtung 704 das Eingabewertsignal 81 von der Steuerzieleinrichtung 20. Außerdem überträgt die erste Kommunikationseinheit 11 mit Hilfe der Kommunikationsvorrichtung 704 ein Ausgabewertsignal 821 oder ein Ausgabewertsignal 822 an die Steuerzieleinrichtung 20. Das Ausgabewertsignal 821 ist ein Signal zur Benachrichtigung über einen von der lokalen Zustandsmaschine 13 erzeugten Ausgabewert, der weiter unten beschrieben wird. Andererseits ist das Ausgabewertsignal 822 ein Signal zur Benachrichtigung über einen von der Steuereinheit 30 erzeugten Ausgabewert.

[0092] Es sei angemerkt, dass der von der ersten Kommunikationseinheit 11 auszuführende Vorgang einem ersten Kommunikationsprozess entspricht.

[0093] Die zweite Kommunikationseinheit 12 kommuniziert mit dem Gateway 40 über das interne Netzwerk 51.

[0094] Konkret überträgt die zweite Kommunikationseinheit 12 mit Hilfe der Kommunikationsvorrichtung 704 das Eingabepaket 72 und das lokale Steuerungsstatuspaket 74 an das Gateway 40.

[0095] Außerdem empfängt die zweite Kommunikationseinheit 12 mit Hilfe der Kommunikationsvorrichtung 704 das Ausgangseinstellungspaket 71 und das Ausgabepaket 73 vom Gateway 40.

[0096] Es sei angemerkt, dass der von der zweiten Kommunikationseinheit 12 auszuführende Vorgang einem zweiten Kommunikationsprozess entspricht.

[0097] Die lokale Zustandsmaschine 13 ist die lokale Zustandsmaschine, die in **Fig. 2** beschrieben ist.

[0098] Wenn das Attribut des aktuellen Zustands der Zustandsmaschine (lokale Zustandsmaschine 13) ein entferntes Steuerungsattribut ist, veranlasst die Ausführungssteuerungseinheit 14 die entfernt liegende Vorrichtung (Steuereinheit 30) in einer für die Steuerzeleinrichtung 20 entfernten Umgebung, den Ausgabewert-Erzeugungsprozess zur Erzeugung eines Ausgabewerts an die Steuerzeleinrichtung 20 durchzuführen. Wenn das Attribut des aktuellen Zustands der Zustandsmaschine (lokale Zustandsmaschine 13) hingegen ein lokales Steuerungsattribut ist, veranlasst die Ausführungssteuerungseinheit 14 die lokale Vorrichtung (Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10) in einer für die Steuerzeleinrichtung lokalen Umgebung 20, den Ausgabewert-Erzeugungsprozess auszuführen.

[0099] Außerdem erhält die Ausführungssteuerungseinheit 14 das Ausgangseinstellungspaket 71 von der zweiten Kommunikationseinheit 12.

[0100] Anschließend legt die Ausführungssteuerungseinheit 14 das im Ausgangseinstellungspaket 71 enthaltene lokale Zustandsmaschinenprogramm für die lokale Zustandsmaschine 13 fest. Das heißt, die Ausführungssteuerungseinheit 14 veranlasst, dass das lokale Zustandsmaschinenprogramm in der Hauptspeichervorrichtung 902 implementiert wird, so dass die lokale Zustandsmaschine 13 das lokale Zustandsmaschinenprogramm ausführen kann. Mit der Ausführungssteuerungseinheit 14, die das lokale Zustandsmaschinenprogramm in der lokalen Zustandsmaschine 13 festlegt, wird das Rechenmittel ausführbar.

[0101] Außerdem veranlasst die Ausführungssteuerungseinheit 14, dass die im Ausgangseinstellungspaket 71 enthaltene Zustandsattributtabelle in der Hauptspeichervorrichtung 902 implementiert wird. Die in **Fig. 8** dargestellte Zustandsattributentabelle 16 stellt eine Zustandsattributentabelle in einem Zustand dar, in dem sie in der Hauptspeichervorrichtung 902 implementiert ist. Die Ausführungssteuerungseinheit 14 kann sich auf die Zustandsattributentabelle 16 beziehen.

[0102] Außerdem erhält die Ausführungssteuerungseinheit 14 das Eingabewertsignal 81 von der ersten Kommunikationseinheit 11. Außerdem erzeugt die Ausführungssteuerungseinheit 14 aus dem Eingabewertsignal 81 das Eingabepaket 72 zur Benachrichtigung über das Eingabesignal und

gibt das Eingabepaket 72 dann an die zweite Kommunikationseinheit 12 aus.

[0103] Auf diese Weise empfängt die Ausführungssteuerungseinheit 14 den Eingabewert von der Steuerzeleinrichtung 20 und teilt der Steuereinheit 30 den Eingabewert von der Steuerzeleinrichtung 20 über das Eingabepaket 72 mit.

[0104] Außerdem speichert die Ausführungssteuerungseinheit 14 den Eingabewert in einem Eingabewertpuffer (nicht abgebildet), der ein interner Puffer ist, bis sie das nächste Eingabewertsignal 81 erhält.

[0105] Außerdem bezieht sich die Ausführungssteuerungseinheit 14 auf die Zustandsattributtabelle 16, um festzustellen, ob das Attribut des aktuellen Zustands der lokalen Zustandsmaschine 13 ein entferntes Steuerungsattribut oder ein lokales Steuerungsattribut ist. Der aktuelle Zustand der lokalen Zustandsmaschine 13 ist ein Zustand der lokalen Zustandsmaschine 13 zum Zeitpunkt des Eintreffens einer Steuerungsperiode T1, die weiter unten beschrieben wird.

[0106] Wenn das Attribut des aktuellen Zustands der lokalen Zustandsmaschine 13 ein lokales Steuerungsattribut ist, veranlasst die Ausführungssteuerungseinheit 14 die lokale Zustandsmaschine 13, den Ausgabewert-Erzeugungsprozess auszuführen. Das heißt, die Ausführungssteuerungseinheit 14 teilt der lokalen Zustandsmaschine 13 den Eingabewert von der Steuerzeleinrichtung 20 mit und veranlasst die lokale Zustandsmaschine 13, den Ausgabewert-Erzeugungsprozess unter Verwendung des Eingabewerts durchzuführen.

[0107] Dann erzeugt die Ausführungssteuerungseinheit 14 das Ausgabewertsignal 821 zur Benachrichtigung über den an der lokalen Zustandsmaschine 13 erzeugten Ausgabewert und gibt das Ausgabewertsignal 821 an die erste Kommunikationseinheit 11 aus.

[0108] Außerdem, wenn der aktuelle Zustand der lokalen Zustandsmaschine 13 ein lokales Steuerungsattribut ist, veranlasst die Ausführungssteuerungseinheit 14 die lokale Zustandsmaschine 13, auf der Grundlage des Eingabewertes über ein Zustandsübergangziel zu entscheiden, und veranlasst den Zustand der lokalen Zustandsmaschine 13, einen Übergang zu dem Zustandsübergangziel auszuführen. Außerdem veranlasst die Ausführungssteuerungseinheit 14 die lokale Zustandsmaschine 13, einen aktualisierten Wert des gemeinsamen internen Wertes zu erzeugen.

[0109] Dann erzeugt die Ausführungssteuerungseinheit 14 das lokale Steuerungsstatuspaket 74 zur Benachrichtigung über das Zustandsübergangziel

und den aktualisierten Wert des gemeinsamen internen Wertes und gibt das lokale Steuerungsstatuspaket 74 an die zweite Kommunikationseinheit 12 aus.

[0110] Wenn das Attribut des aktuellen Zustands der lokalen Zustandsmaschine 13 ein lokales Steuerungsattribut ist, teilt die Ausführungssteuerungseinheit 14 der Steuereinheit 30 das Zustandsübergangsziel und den aktualisierten Wert des gemeinsamen internen Wertes mit.

[0111] Handelt es sich bei dem Attribut des aktuellen Zustands der lokalen Zustandsmaschine 13 hingegen um ein entferntes Steuerungsattribut, erhält die Ausführungssteuerungseinheit 14 das Ausgabepaket 73 von der zweiten Kommunikationseinheit 12. Dann erzeugt die Ausführungssteuerungseinheit 14 aus dem Ausgabepaket 73 das Ausgabewertsignal 822 zur Benachrichtigung der Steuerzieleinrichtung 20 über den Ausgabewert und gibt das Ausgabewertsignal 822 an die erste Kommunikationseinheit 11 aus. Das heißt, die Ausführungssteuerungseinheit 14 teilt der Steuerzieleinrichtung 20 den Ausgabewert mit.

[0112] Außerdem veranlasst die Ausführungssteuerungseinheit 14, dass der Zustand der lokalen Zustandsmaschine 13 einen Übergang zum Zustandsübergangsziel vollzieht, über den das Ausgabepaket 73 eine Benachrichtigung enthält. Außerdem aktualisiert die Ausführungssteuerungseinheit 14 den gemeinsam genutzten internen Wert auf den aktualisierten Wert des gemeinsam genutzten internen Wertes, dessen Benachrichtigung durch das Ausgabepaket 73 erfolgt.

[0113] Die Ausführungssteuerungseinheit 14 entspricht einer lokalen Ausführungssteuerungseinheit. Außerdem entspricht der von der Ausführungssteuerungseinheit 14 auszuführende Vorgang einem lokalen Ausführungssteuerungsprozess.

[0114] Auch der von der Ausführungssteuerungseinheit 14 und der Ausführungssteuerungseinheit 33 auszuführende Prozess, der weiter unten beschrieben wird, entspricht einem Ausführungssteuerungsprozess.

[0115] Ein interner Wertepuffer 15 ist ein Puffer, der interne Werte einschließlich des gemeinsamen internen Wertes speichert. Es sei angemerkt, dass wenn für die Steuerung der Steuerzieleinrichtung 20 kein interner Wertepuffer benötigt wird, kann der interne Wertepuffer 15 weggelassen werden.

[0116] Fig. 9 zeigt ein Beispiel für die Funktionsstruktur der Steuereinheit 30 gemäß der vorliegenden Ausführungsform.

[0117] Fig. 26 zeigt ein Beispiel für den Hardwareaufbau der Steuereinheit 30.

[0118] Zunächst wird anhand von Fig. 26 ein Beispiel für den Hardwareaufbau der Steuereinheit 30 beschrieben.

[0119] Bei der Steuereinheit 30 handelt es sich in der vorliegenden Ausführungsform um einen Computer, z. B. einen Server.

[0120] Die Steuereinheit 30 umfasst als Hardware einen Prozessor 801, eine Hauptspeichervorrichtung 802, eine Hilfsspeichervorrichtung 803 und eine Kommunikationsvorrichtung 804. Es ist zu beachten, dass diese Teile der Hardware als virtuelle Hardware mit gleichwertigen Funktionen in einer virtuellen Umgebung implementiert werden können. In diesem Fall kann die virtuelle Hardware aus einer Vielzahl von Computern, wie z.B. einer Vielzahl von Servern, bestehen.

[0121] In der Hilfsspeichervorrichtung 803 sind Programme gespeichert, die die Funktionen einer Kommunikationseinheit 31, der primitiven Zustandsmaschine 32 und der Ausführungssteuerungseinheit 33, die weiter unten unter Bezugnahme auf Fig. 9 beschrieben werden, realisieren. Die Programme, die die Funktionen der Kommunikationseinheit 31 und der Ausführungssteuerungseinheit 33 realisieren, entsprechen einem Paketverarbeitungsprogramm.

[0122] Diese Programme werden von der Hilfsspeichervorrichtung 803 in die Hauptspeichervorrichtung 802 geladen. Anschließend führt der Prozessor 801 diese Programme aus, um Operationen der Kommunikationseinheit 31, der primitiven Zustandsmaschine 32 und der Ausführungssteuerungseinheit 33 durchzuführen, die weiter unten beschrieben werden.

[0123] In Fig. 26 ist schematisch ein Zustand dargestellt, in dem der Prozessor 801 die Programme ausführt, die die Funktionen der Kommunikationseinheit 31, der primitiven Zustandsmaschine 32 und der Ausführungssteuerungseinheit 33 realisieren.

[0124] Es sei angemerkt, dass die Programme, die die Funktionen der primitiven Zustandsmaschine 32 und der Ausführungssteuerungseinheit 33 realisieren, und die Programme, die die Funktionen der lokalen Zustandsmaschine 13 und der Ausführungssteuerungseinheit 14 realisieren, wie oben beschrieben einem Steuerprogramm entsprechen.

[0125] Nachfolgend wird anhand von Fig. 9 ein Beispiel für den Funktionsaufbau der Steuereinheit 30 beschrieben.

[0126] Die Kommunikationseinheit 31 kommuniziert mit dem Gateway 40.

[0127] Konkret überträgt die Kommunikationseinheit 31 mit Hilfe der Kommunikationsvorrichtung 804 das Ausgangseinstellungspaket 71 an das Gateway 40.

[0128] Außerdem empfängt die Kommunikationseinheit 31 mit Hilfe der Kommunikationsvorrichtung 804 das Eingabepaket 72 vom Gateway 40.

[0129] Außerdem überträgt die Kommunikationseinheit 31 mit Hilfe der Kommunikationsvorrichtung 804 das Ausgabepaket 73 an das Gateway 40.

[0130] Außerdem empfängt die Kommunikationseinheit 31 mit Hilfe der Kommunikationsvorrichtung 804 das lokale Steuerungsstatuspaket 74 vom Gateway 40.

[0131] Die primitive Zustandsmaschine 32 ist die primitive Zustandsmaschine, die in **Fig. 2** beschrieben ist.

[0132] Wenn das Attribut des aktuellen Zustands der Zustandsmaschine (primitive Zustandsmaschine 32) ein entferntes Steuerungsattribut ist, veranlasst die Ausführungssteuerungseinheit 33 die entfernte liegende Vorrichtung (Steuereinheit 30) in einer für die Steuerzieleinrichtung 20 entfernten Umgebung, den Ausgabewert-Erzeugungsprozess zur Erzeugung eines Ausgabewerts an die Steuerzieleinrichtung 20 durchzuführen. Ist das Attribut des aktuellen Zustands der Zustandsmaschine (primitive Zustandsmaschine 32) hingegen ein lokales Steuerungsattribut, veranlasst die Ausführungssteuerungseinheit 33 die lokale Vorrichtung (Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10) in einer für die Steuerzieleinrichtung 20, den Ausgabewert-Erzeugungsprozess auszuführen.

[0133] Die Ausführungssteuerungseinheit 33 erzeugt das Ausgangseinstellungspaket 71.

[0134] Konkret entscheidet die Ausführungssteuerungseinheit 33 für N Zustände, die in der primitiven Zustandsmaschine 32 enthalten sind, über (N-L) Zustände mit jeweils einem entferntes Steuerungsattribut und L Zustände mit jeweils einem lokalen Steuerungsattribut. Dann erzeugt die Ausführungssteuerungseinheit 33 ein lokales Zustandsmaschinenprogramm, das die den L lokalen Steuerungsattributen entsprechenden Rechenmittel realisiert. Dann erzeugt die Ausführungssteuerungseinheit 33 das Ausgangseinstellungspaket 71, in dem das erzeugte lokale Zustandsmaschinenprogramm und eine Zustandsattributtabelle 35 enthalten sind, und gibt das erzeugte Ausgangseinstellungspaket 71 an die Kommunikationseinheit 31 aus.

[0135] Außerdem erhält die Ausführungssteuerungseinheit 33 das Eingabepaket 72 von der Kommunikationseinheit 31.

[0136] Dann zieht die Ausführungssteuerungseinheit 33 die Zustandsattributtabelle 35 heran, um festzustellen, ob das Attribut des aktuellen Zustands der primitiven Zustandsmaschine 32 ein entferntes Steuerungsattribut oder ein lokales Steuerungsattribut ist. Der aktuelle Zustand der primitiven Zustandsmaschine 32 ist ein Zustand der primitiven Zustandsmaschine 32, wenn der der Ausführungssteuerungseinheit 33 der Eingabewert von der Steuerzieleinrichtung 20 mitgeteilt wird (d. h. bei der Erfassung des Eingabepakets 72), oder der Zustand der primitiven Zustandsmaschine 32 zum Zeitpunkt des Eintreffens einer Steuerungsperiode T2, die weiter unten beschrieben wird.

[0137] Wenn das Attribut des aktuellen Zustands der primitiven Zustandsmaschine 32 ein entferntes Steuerungsattribut ist, veranlasst die Ausführungssteuerungseinheit 33 die primitive Zustandsmaschine 32, den Ausgabewert-Erzeugungsprozess auszuführen. Das heißt, die Ausführungssteuerungseinheit 33 teilt der primitiven Zustandsmaschine 32 den Eingabewert von der Steuerzieleinrichtung 20 mit und veranlasst die primitive Zustandsmaschine 32, den Ausgabewert-Erzeugungsprozess unter Verwendung des Eingabewerts auszuführen. Wenn der aktuelle Zustand der primitiven Zustandsmaschine 32 ein entferntes Steuerungsattribut ist, veranlasst die Ausführungssteuerungseinheit 33 die primitive Zustandsmaschine 32, auf der Grundlage des Eingabewertes über ein Zustandsübergangziel zu entscheiden, und veranlasst den Zustand der primitiven Zustandsmaschine 32, einen Übergang zu dem Zustandsübergangziel auszuführen. Außerdem veranlasst die Ausführungssteuerungseinheit 33 die primitive Zustandsmaschine 32, einen aktualisierten Wert des gemeinsamen internen Wertes zu erzeugen. Dann erzeugt die Ausführungssteuerungseinheit 33 das Ausgabepaket 73 zur Benachrichtigung über den Ausgabewert, das Zustandsübergangziel und den aktualisierten Wert des gemeinsamen internen Wertes und gibt das Ausgabepaket 73 an die Kommunikationseinheit 31 aus.

[0138] Wenn das Attribut des aktuellen Zustands der primitiven Zustandsmaschine 32 ein entferntes Steuerungsattribut ist, teilt die Ausführungssteuerungseinheit 33 der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 über das Gateway 40 den Ausgabewert, das Zustandsübergangziel und den aktualisierten Wert des gemeinsamen internen Werts mit.

[0139] Handelt es sich bei dem Attribut des aktuellen Zustands der primitiven Zustandsmaschine 32 hingegen um ein lokales Steuerungsattribut, so erhält die Ausführungssteuerungseinheit 33 das

lokale Steuerungsstatuspaket 74 von der Kommunikationseinheit 31. Anschließend veranlasst die Ausführungssteuerungseinheit 33 den Zustandsübergang der primitiven Zustandsmaschine 32 zu dem Zustandsübergangziel, worüber eine Benachrichtigung von dem lokalen Steuerungsstatuspaket 74 bereitgestellt wird. Außerdem aktualisiert die Ausführungssteuerungseinheit 33 den gemeinsam genutzten internen Wert auf den aktualisierten Wert des gemeinsam genutzten internen Werts, über den das lokale Steuerungsstatuspaket 74 eine Benachrichtigung enthält.

[0140] Die Ausführungssteuerungseinheit 33 entspricht einer Fernausführungssteuerungseinheit. Auch der von der Ausführungssteuerungseinheit 33 auszuführende Vorgang entspricht einem Fernausführungssteuerungsprozess.

[0141] Auch der von der Ausführungssteuerungseinheit 33 und der Ausführungssteuerungseinheit 14 auszuführende Prozess entspricht einem Ausführungssteuerungsprozess.

[0142] Ein interner Wertepuffer 34 ist ein Puffer, der interne Werte einschließlich des gemeinsamen internen Wertes speichert. Es sei angemerkt, dass wenn für die Steuerung der Steuerzieleinrichtung 20 kein interner Wertepuffer benötigt wird, kann der interne Wertepuffer 34 weggelassen werden.

[0143] Bei der Zustandsattributentabelle 35 handelt es sich um die in **Fig. 7** dargestellte Zustandsattributentabelle.

Beschreibung der Funktionsweise

[0144] Als nächstes wird ein Beispiel für den Betrieb der Steuereinheit 30 und der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 gemäß der vorliegenden Ausführungsform beschrieben.

[0145] Der Betrieb der Steuereinheit 30 und der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 lässt sich grob in den Betrieb während des Initialisierungsprozesses und den Betrieb nach dem Initialisierungsprozess unterteilen.

[0146] Zunächst wird der Ablauf des Initialisierungsprozesses beschrieben.

<<Betrieb beim Initialisierungsprozess>>

[0147] **Fig. 10** veranschaulicht den Initialisierungsprozess.

[0148] Zunächst erstellt die Ausführungssteuerungseinheit 33 in Schritt S11 die Zustandsattributentabelle 35.

[0149] Konkret entscheidet die Ausführungssteuerungseinheit 33 über ein Attribut für jeden der N Zustände der primitiven Zustandsmaschine 32. So legt die Ausführungssteuerungseinheit 33 beispielsweise Attribute einer vorbestimmten Anzahl von Zuständen als lokale Steuerungsattribute in der Reihenfolge fest, in der die benötigte Antwortzeit kürzer ist. Außerdem legt die Ausführungssteuerungseinheit 33 die Attribute der übrigen Zustände als entferntes Steuerungsattribut fest. Zum Beispiel legt die Ausführungssteuerungseinheit 33 unter den N Zuständen Attribute von L Zuständen als lokale Steuerungsattribute und Attribute von (N-L) Zuständen als entferntes Steuerungsattribut fest. Anschließend erstellt die Ausführungssteuerungseinheit 33 die Zustandsattributtabelle 35, in der die Attribute der einzelnen Zustände angegeben sind.

[0150] Als Nächstes erzeugt die Ausführungssteuerungseinheit 33 in Schritt S12 ein lokales Zustandsmaschinenprogramm.

[0151] Beispielsweise erzeugt die Ausführungssteuerungseinheit 33 ein Programm mit L Rechenmitteln, die den L festgelegten Zuständen mit lokalen Steuerungsattributen entsprechen, als lokales Zustandsmaschinenprogramm.

[0152] Im nächsten Schritt S13 erzeugt die Ausführungssteuerungseinheit 33 das Ausgangseinstellungspaket 71 und überträgt das erzeugte Ausgangseinstellungspaket 71 von der Kommunikationseinheit 31 an die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10.

[0153] Das heißt, die Ausführungssteuerungseinheit 33 erzeugt ein Paket, in dem die in Schritt S11 erzeugte Zustandsattributentabelle 35 und das in Schritt S12 erzeugte lokale Zustandsmaschinenprogramm als Ausgangseinstellungspaket 71 enthalten sind. Dann gibt die Ausführungssteuerungseinheit 33 das Ausgangseinstellungspaket 71 an die Kommunikationseinheit 31 aus, und die Kommunikationseinheit 31 überträgt das Ausgangseinstellungspaket 71 an das Gateway 40. Das Gateway 40 überträgt das Ausgangseinstellungspaket 71 an die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10. Schließlich erhält die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 das Ausgangseinstellungspaket 71 vom Gateway 40.

[0154] Als Nächstes ermöglicht die Ausführungssteuerungseinheit 14 in Schritt S14, dass auf die im Ausgangseinstellungspaket 71 enthaltene Zustandsattributtabelle 35 als Zustandsattributtabelle 16 Bezug genommen werden kann. Außerdem legt die Ausführungssteuerungseinheit 14 das im Ausgangseinstellungspaket 71 enthaltene lokale Zustandsmaschinenprogramm für die lokale Zustandsmaschine 13 fest.

[0155] Das heißt, die zweite Kommunikationseinheit 12 empfängt das Ausgangseinstellungspaket 71 und gibt das Ausgangseinstellungspaket 71 an die Ausführungssteuerungseinheit 14 aus. Die Ausführungssteuerungseinheit 14 extrahiert die Zustandsattributentabelle 35 aus dem Ausgangseinstellungspaket 71, implementiert die extrahierte Zustandsattributentabelle 35 in der Hauptspeichervorrichtung 702 und ermöglicht es, sie als Zustandsattributentabelle 16 zu bezeichnen. Außerdem extrahiert die Ausführungssteuerungseinheit 14 das lokale Zustandsmaschinenprogramm aus dem Ausgangseinstellungspaket 71, implementiert das extrahierte lokale Zustandsmaschinenprogramm in der Hauptspeichervorrichtung 702 und ermöglicht der lokalen Zustandsmaschine 13, das lokale Zustandsmaschinenprogramm auszuführen.

<<Betrieb nach Initialisierungsprozess>>

[0156] Als nächstes wird der Betrieb nach dem Initialisierungsprozess beschrieben.

[0157] Fig. 11 zeigt ein Beispiel für einen Eingabevorgang durch die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10.

[0158] Anhand von Fig. 11 wird der Eingabeprozess beschrieben.

[0159] Es wird angenommen, dass der in Fig. 11 dargestellte Fluss für jede definierte Steuerungsperiode T1 gestartet wird.

[0160] Zunächst empfängt die erste Kommunikationseinheit 11 im Schritt S21 das Eingabewertsignal 81 von der Steuerzeileinrichtung 20.

[0161] Die erste Kommunikationseinheit 11 gibt das empfangene Eingabewertsignal 81 an die Ausführungssteuerungseinheit 14 aus.

[0162] Im nächsten Schritt S22 erzeugt die Ausführungssteuerungseinheit 14 unter Verwendung des Eingabewerts das Eingabepaket 72.

[0163] Das heißt, die Ausführungssteuerungseinheit 14 extrahiert den Eingabewert aus dem Eingabewertsignal 81 und erzeugt das Eingabepaket 72 unter Verwendung des extrahierten Eingabewerts. Anschließend gibt die Ausführungssteuerungseinheit 14 das Eingabepaket 72 an die zweite Kommunikationseinheit 12 aus.

[0164] Es sei angemerkt, dass die Ausführungssteuerungseinheit 14 den Eingabewert in einem Eingabewertpuffer (nicht abgebildet), der ein interner Puffer ist, speichert, bis die nächste Steuerungsperiode T1 eintrifft und der Schritt S22 erneut ausgeführt wird.

[0165] Anschließend überträgt die zweite Kommunikationseinheit 12 in Schritt S23 das Eingabepaket 72 an die Steuereinheit 30.

[0166] Im Einzelnen überträgt die zweite Kommunikationseinheit 12 das Eingabepaket 72 an das Gateway 40. Das Gateway 40 überträgt das Eingabepaket 72 an die Steuereinheit 30. Schließlich erhält die Steuereinheit 30 das Eingabepaket 72 vom Gateway 40.

[0167] Fig. 12 zeigt ein Beispiel für den Betrieb der Steuereinheit 30.

[0168] Es wird davon ausgegangen, dass der Ablauf von Fig. 12 beim Empfang des Eingabepaketes 72 oder für jede definierte Steuerungsperiode T2 (T2 <_ T1) beginnt.

[0169] Zunächst bestimmt die Ausführungssteuerungseinheit 33 in Schritt S30, ob das Attribut des aktuellen Zustands der primitiven Zustandsmaschine 32 ein entferntes Steuerungsattribut ist.

[0170] Genauer gesagt bezieht sich die Ausführungssteuerungseinheit 33 auf die Zustandsattributentabelle 35, um festzustellen, ob das Attribut des aktuellen Zustands der primitiven Zustandsmaschine 32 ein entferntes Steuerungsattribut ist. Die Ausführungssteuerungseinheit 33 verfügt über einen Zustandspuffer (nicht abgebildet), bei dem es sich um einen internen Puffer zur Aufzeichnung des aktuellen Zustands der primitiven Zustandsmaschine 32 handelt. Immer wenn ein Zustandsübergang an der primitiven Zustandsmaschine 32 stattfindet, zeichnet die Ausführungssteuerungseinheit 33 den Zustand des Zustandsübergangszustands im Zustandspuffer als aktuellen Zustand der primitiven Zustandsmaschine 32 auf. In Schritt S30 bestimmt die Ausführungssteuerungseinheit 33 das Attribut des aktuellen Zustands, das im Zustandspuffer gespeichert ist, indem sie die Zustandsattributentabelle 35 heranzieht. Wenn der im Zustandspuffer gespeicherte Zustand beispielsweise ST_1 ist, kann die Ausführungssteuerungseinheit 33 anhand der Zustandsattributentabelle 35 feststellen, dass das Attribut des aktuellen Zustands der primitiven Zustandsmaschine 32 ein entferntes Steuerungsattribut ist.

[0171] Wenn das Attribut des aktuellen Zustands der primitiven Zustandsmaschine 32 ein entferntes Steuerungsattribut ist, geht das Verfahren zu Schritt S31 über. Handelt es sich hingegen bei dem Attribut des aktuellen Zustands der primitiven Zustandsmaschine 32 um ein lokales Steuerungsattribut, wird mit Schritt S37 fortgefahren.

[0172] In Schritt S31 stellt die Ausführungssteuerungseinheit 33 fest, ob das Eingabepaket 72 von der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 empfangen

wurde. Das heißt, die Ausführungssteuerungseinheit 33 ermittelt, ob das Eingabepaket 72 von der Kommunikationseinheit 31 erfasst wurde.

[0173] Wenn das Eingabepaket 72 von der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 empfangen wurde, fährt das Verfahren mit Schritt S32 fort. Wurde hingegen das Eingabepaket 72 von der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 nicht empfangen, endet der Vorgang.

[0174] In Schritt S32 teilt die Ausführungssteuerungseinheit 33 der primitiven Zustandsmaschine 32 den Eingabewert von der Steuerzieleinrichtung 20 und den gemeinsamen internen Wert mit.

[0175] Das heißt, die Ausführungssteuerungseinheit 33 teilt der primitiven Zustandsmaschine 32 den im Eingabepaket 72 enthaltenen Eingabewert und den im internen Wertepuffer 34 gespeicherten gemeinsamen internen Wert mit.

[0176] Im nächsten Schritt S33 führt die primitive Zustandsmaschine 32 Rechenmittel aus, die dem aktuellen Zustand entsprechen, um einen Ausgabewert, ein Zustandsübergangziel und einen aktualisierten Wert des gemeinsamen internen Wertes zu erzeugen, indem sie den Eingabewert, dessen Benachrichtigung von der Ausführungssteuerungseinheit 33 geliefert wird, und den gemeinsamen internen Wert verwendet.

[0177] Außerdem teilt die primitive Zustandsmaschine 32 der Ausführungssteuerungseinheit 33 den Ausgabewert, das Zustandsübergangziel und den aktualisierten Wert des gemeinsamen internen Wertes mit.

[0178] Im nächsten Schritt S34 veranlasst die primitive Zustandsmaschine 32, dass der Zustand einen Übergang zu dem in Schritt S33 erzeugten Zustandsübergangziel durchführt.

[0179] Im nächsten Schritt S35 aktualisiert die Ausführungssteuerungseinheit 33 den internen Wertepuffer 34 unter Verwendung des aktualisierten Wertes des gemeinsam genutzten internen Wertes und erzeugt außerdem das Ausgabepaket 73 zur Bereitstellung einer Benachrichtigung über den Ausgabewert, das Zustandsübergangziel und den aktualisierten Wert des gemeinsam genutzten internen Wertes.

[0180] Anschließend gibt die Ausführungssteuerungseinheit 33 das Ausgabepaket 73 an die Kommunikationseinheit 31 aus.

[0181] Außerdem aktualisiert die Ausführungssteuerungseinheit 33 den aktuellen Zustand des Zustandspuffers auf den Zustand des Zustandsübergangziels.

[0182] Anschließend überträgt die Kommunikationseinheit 31 in Schritt S36 das Ausgabepaket 73 an die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10.

[0183] Konkret überträgt die Kommunikationseinheit 31 das Ausgabepaket 73 an das Gateway 40. Das Gateway 40 leitet das Ausgabepaket 73 an die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 weiter. Schließlich erhält die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 das Ausgabepaket 73 vom Gateway 40.

[0184] Wenn das Attribut des aktuellen Zustands der primitiven Zustandsmaschine 32 ein entferntes Steuerungsattribut ist, teilt die Ausführungssteuerungseinheit 33 der primitiven Zustandsmaschine 32 den Eingabewert und den gemeinsam genutzten internen Wert mit, wodurch die primitive Zustandsmaschine 32 veranlasst wird, den Ausgabewert, das Zustandsübergangziel und den aktualisierten Wert des gemeinsam genutzten internen Werts zu erzeugen, und außerdem veranlasst wird, dass die primitive Zustandsmaschine 32 den Zustand veranlasst, einen Übergang zum Zustandsübergangziel auszuführen. Darüber hinaus überträgt die Ausführungssteuerungseinheit 33 an die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 das Ausgabepaket 73 zur Benachrichtigung über den Ausgabewert, das Zustandsübergangziel und den aktualisierten Wert des von der primitiven Zustandsmaschine 32 erzeugten gemeinsamen internen Werts.

[0185] Wenn in Schritt S31 festgestellt wird, dass das Attribut des aktuellen Zustands der primitiven Zustandsmaschine 32 ein lokales Steuerungsattribut ist, bestimmt die Ausführungssteuerungseinheit 33 in Schritt S37, ob das lokale Steuerungsstatuspaket 74 empfangen wurde.

[0186] Das heißt, die Ausführungssteuerungseinheit 33 stellt fest, ob das lokale Steuerungsstatuspaket 74 von der Kommunikationseinheit 31 empfangen wurde.

[0187] Wenn das lokale Steuerungsstatuspaket 74 empfangen wurde, wird mit Schritt S38 fortgefahren. Wurde hingegen das lokale Steuerungsstatuspaket 74 nicht empfangen, wird mit Schritt S391 fortgefahren.

[0188] Im Schritt S391 bestimmt die Ausführungssteuerungseinheit 33, ob das lokale Steuerungsstatuspaket 74 mindestens einmal nach einem Übergang vom Zustand des entfernten Steuerungsattributs zum Zustand des lokalen Steuerungsattributs empfangen wurde. Wenn das lokale Steuerungsstatuspaket 74 noch nicht empfangen wurde, wird mit Schritt S392 fortgefahren. Wenn das lokale Steuerungsstatuspaket 74 mindestens einmal empfangen wurde, ist der Vorgang beendet.

[0189] Im Schritt S392 überträgt die Ausführungssteuerungseinheit 33 erneut das im Zustand des unmittelbar vorhergehenden entfernten Steuerungsattribut erzeugte Ausgabepaket 73 an die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10. Es sei angemerkt, dass das Ausgabepaket 73 für diesen Vorgang als gepuffert vorausgesetzt wird. Nach dem Schritt S392 endet der Prozess.

[0190] In Schritt S38 teilt die Ausführungssteuerungseinheit 33 der primitiven Zustandsmaschine 32 das im lokalen Steuerungsstatuspaket 74 angegebene Zustandsübergangsziel mit.

[0191] Außerdem aktualisiert die Ausführungssteuerungseinheit 33 den internen Wertepuffer 34 mit dem aktualisierten Wert des im lokalen Steuerungsstatuspaket 74 angegebenen gemeinsamen internen Wertes.

[0192] Außerdem aktualisiert die Ausführungssteuerungseinheit 33 den aktuellen Zustand des Zustandspuffers auf den Zustand des Zustandsübergangsziels.

[0193] Im nächsten Schritt S39 veranlasst die primitive Zustandsmaschine 32 einen Zustandsübergang zum Zustandsübergangsziel, über den die Ausführungssteuerungseinheit 33 eine Benachrichtigung ausgibt.

[0194] Wenn das Attribut des aktuellen Zustands der primitiven Zustandsmaschine 32 ein lokales Steuerungsattribut ist, teilt die Ausführungssteuerungseinheit 33 der primitiven Zustandsmaschine 32 das an der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 festgelegte Zustandsübergangsziel mit, wodurch die primitive Zustandsmaschine 32 veranlasst wird, den Zustand in das an der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 festgelegte Zustandsübergangsziel zu überführen. Außerdem aktualisiert die Ausführungssteuerungseinheit 33 den internen Wertepuffer 34, indem sie den aktualisierten Wert des gemeinsamen internen Wertes verwendet, der an der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 beschlossen wurde.

[0195] Fig. 13 und Fig. 14 zeigen ein Beispiel für den Betrieb der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10.

[0196] Es wird davon ausgegangen, dass die Ströme von Fig. 13 und Fig. 14 für jede Steuerungsperiode T1 gestartet werden.

[0197] Zunächst bestimmt die Ausführungssteuerungseinheit 14 in Schritt S41, ob das Attribut des aktuellen Zustands der lokalen Zustandsmaschine 13 ein entferntes Steuerungsattribut ist.

[0198] Genauer gesagt, bezieht sich die Ausführungssteuerungseinheit 14 auf die Zustandsattribut-

tabelle 16, um festzustellen, ob das Attribut des aktuellen Zustands der lokalen Zustandsmaschine 13 ein entferntes Steuerungsattribut ist.

[0199] Die Ausführungssteuerungseinheit 14 verfügt über einen Zustandspuffer (nicht abgebildet), der ein interner Puffer zur Aufzeichnung des aktuellen Zustands der lokalen Zustandsmaschine 13 ist. Immer wenn ein Zustandsübergang an der lokalen Zustandsmaschine 13 stattfindet, zeichnet die Ausführungssteuerungseinheit 14 den Zustand des Zustandsübergangsziels im Zustandspuffer als aktuellen Zustand der lokalen Zustandsmaschine 13 auf. In Schritt S41 bestimmt die Ausführungssteuerungseinheit 14 das Attribut des aktuellen Zustands, das im Zustandspuffer gespeichert ist, indem sie die Zustandsattributtabelle 16 heranzieht. Wenn der im Zustandspuffer gespeicherte Zustand beispielsweise ST_1 ist, kann die Ausführungssteuerungseinheit 14 anhand der Zustandsattributtabelle 16 feststellen, dass das Attribut des aktuellen Zustands der lokalen Zustandsmaschine 13 ein entferntes Steuerungsattribut ist.

[0200] Wenn das Attribut des aktuellen Zustands der lokalen Zustandsmaschine 13 ein entferntes Steuerungsattribut ist, wird mit Schritt S42 fortgefahren. Handelt es sich bei dem Attribut des aktuellen Zustands der lokalen Zustandsmaschine 13 hingegen um ein lokales Steuerungsattribut, wird mit Schritt S47 in Fig. 14 fortgefahren.

[0201] In Schritt S42 stellt die Ausführungssteuerungseinheit 14 fest, ob das Ausgabepaket 73 von der Steuereinheit 30 empfangen wurde. Das heißt, die Ausführungssteuerungseinheit 14 ermittelt, ob das Ausgabepaket 73 von der zweiten Kommunikationseinheit 12 erfasst wurde.

[0202] Wenn das Ausgabepaket 73 von der Steuereinheit 30 empfangen wurde, wird mit Schritt S43 fortgefahren. Wurde hingegen das Ausgabepaket 73 von der Steuereinheit 30 nicht empfangen, geht das Verfahren zu Schritt S45 über.

[0203] In Schritt S43 gibt die Ausführungssteuerungseinheit 14 das Ausgabewertsignal 822 an die Steuerzieleinrichtung 20 aus, aktualisiert den internen Wertepuffer 15 und teilt der lokalen Zustandsmaschine 13 das Zustandsübergangsziel mit.

[0204] Das heißt, die Ausführungssteuerungseinheit 14 erzeugt das Ausgabewertsignal 822, um eine Benachrichtigung über den in dem Ausgabepaket 73 enthaltenen Ausgabewert bereitzustellen, und gibt das erzeugte Ausgabewertsignal 822 an die erste Kommunikationseinheit 11 aus. Anschließend überträgt die erste Kommunikationseinheit 11 das Ausgabewertsignal 822 an die Steuerzieleinrichtung 20.

[0205] Außerdem aktualisiert die Ausführungssteuerungseinheit 14 den internen Wertepuffer 15 unter Verwendung des aktualisierten Wertes des im Ausgabepaket 73 enthaltenen gemeinsamen internen Wertes.

[0206] Außerdem teilt die Ausführungssteuerungseinheit 14 der lokalen Zustandsmaschine 13 das im Ausgabepaket 73 enthaltene Zustandsübergangsziel mit.

[0207] Im nächsten Schritt S44 veranlasst die lokale Zustandsmaschine 13 einen Zustandsübergang zum Zustandsübergangsziel, über den eine Benachrichtigung von der Ausführungssteuerungseinheit 14 erfolgt.

[0208] Außerdem stellt die Ausführungssteuerungseinheit 14 in Schritt S45 fest, ob der Zustand, dass das Ausgabepaket 73 nicht empfangen wurde, seit T_err Sekunden anhält.

[0209] Wenn der Zustand des Nicht-Empfangens des Ausgabepaket 73 für T_err Sekunden ange-dauert hat, fährt der Prozess mit Schritt S46 fort. Wenn hingegen der Zustand des Nicht-Empfangens des Ausgabepaket 73 weniger als T_err Sekunden lang ange-dauert hat, wird mit Schritt S53 fortgefahren.

[0210] Im Schritt S53 bestimmt die Ausführungssteuerungseinheit 33, ob das Ausgabepaket 73 mindestens einmal nach einem Übergang vom Zustand des lokalen Steuerungsattributs zum Zustand des entfernten Steuerungsattributs empfangen wurde. Wurde das Ausgabepaket 73 nicht einmal empfangen, wird mit Schritt S54 fortgefahren. Wurde das Ausgabepaket 73 mindestens einmal empfangen, ist der Vorgang beendet.

[0211] In Schritt S54 überträgt die Ausführungssteuerungseinheit 33 erneut das im Zustand des unmittelbar vorhergehenden lokalen Steuerungsattributs erzeugte lokale Steuerungsstatuspaket 74 an die Steuereinheit 30. Es wird davon ausgegangen, dass das lokale Steuerungsstatuspaket 74 für diesen Vorgang zwischengespeichert wurde. Nach dem Schritt S54 endet der Prozess.

[0212] In Schritt S46 führt die Ausführungssteuerungseinheit 14 eine definierte Kommunikationsfehlerbehandlung durch. Bei der Behandlung von Kommunikationsfehlern handelt es sich beispielsweise um ein ausfallsicheres Verfahren wie einen Not-Aus.

[0213] Wenn das Attribut des aktuellen Zustands der lokalen Zustandsmaschine 13 ein entferntes Steuerungsattribut ist, teilt die Ausführungssteuerungseinheit 14 der lokalen Zustandsmaschine 13 das von der Steuereinheit 30 festgelegte Zustands-

übergangsziel mit, wodurch die lokale Zustandsmaschine 13 veranlasst wird, einen Übergang des Zustands zu dem von der Steuereinheit 30 festgelegten Zustandsübergangsziel zu bewirken. Darüber hinaus aktualisiert die Ausführungssteuerungseinheit 14 den internen Wertepuffer 15 unter Verwendung des aktualisierten Wertes des gemeinsamen internen Wertes, der in der Steuereinheit 30 festgelegt wurde.

[0214] Wenn in Schritt S41 festgestellt wird, dass das Attribut des aktuellen Zustands der lokalen Zustandsmaschine 13 ein lokales Steuerungsattribut ist, teilt die Ausführungssteuerungseinheit 14 in Schritt S47 der lokalen Zustandsmaschine 13 den Eingabewert von der Steuerzieleinrichtung 20 und den gemeinsamen internen Wert mit.

[0215] Das heißt, die Ausführungssteuerungseinheit 14 teilt der lokalen Zustandsmaschine 13 den Eingabewert mit, der im Eingabewertsignal 81 enthalten ist, das von der Steuerzieleinrichtung 20 im Schritt S21 von Fig. 11 empfangen wurde, und den gemeinsamen internen Wertepuffer 15. Der Eingabewert ist ein Wert, der im Eingabewertpuffer gespeichert ist (nicht abgebildet).

[0216] Im Schritt S48 führt die lokale Zustandsmaschine 13 dem aktuellen Zustand entsprechende arithmetische Mittel aus, um einen Ausgabewert, ein Zustandsübergangsziel und einen aktualisierten Wert des gemeinsamen internen Wertes zu erzeugen, indem sie den Eingabewert, dessen Benachrichtigung von der Ausführungssteuerungseinheit 14 geliefert wird, und den gemeinsamen internen Wert verwendet.

[0217] Außerdem teilt die lokale Zustandsmaschine 13 der Ausführungssteuerungseinheit 14 den Ausgabewert, das Zustandsübergangsziel und den aktualisierten Wert des gemeinsamen internen Wertes mit.

[0218] Anschließend veranlasst die lokale Zustandsmaschine 13 in Schritt S49 einen Zustandsübergang zu dem in Schritt S48 erzeugten Zustandsübergangsziel.

[0219] Anschließend gibt die Ausführungssteuerungseinheit 14 in Schritt S50 das Ausgabewertsignal 821 an die Steuerzieleinrichtung 20 aus und aktualisiert außerdem den internen Wertepuffer 15.

[0220] Das heißt, die Ausführungssteuerungseinheit 14 erzeugt das Ausgabewertsignal 821, um eine Benachrichtigung über den von der lokalen Zustandsmaschine 13 erzeugten Ausgabewert im Schritt S48 bereitzustellen, und gibt das erzeugte Ausgabewertsignal 821 an die erste Kommunikationseinheit 11 aus. Anschließend überträgt die

erste Kommunikationseinheit 11 das Ausgabewertsignal 821 an die Steuerzieleinrichtung 20.

Beschreibung der Wirkungen der Ausführungsform

[0221] Außerdem aktualisiert die Ausführungssteuerungseinheit 14 den internen Wertepuffer 15 unter Verwendung des aktualisierten Wertes des gemeinsamen internen Wertes, der von der lokalen Zustandsmaschine 13 in Schritt S48 erzeugt wurde.

[0222] Außerdem aktualisiert die Ausführungssteuerungseinheit 14 den aktuellen Zustand des Zustandspuffers auf den Zustand des Zustandsübergangsziels.

[0223] In Schritt S51 erzeugt die Ausführungssteuerungseinheit 14 dann das lokale Steuerungsstatuspaket 74.

[0224] Das heißt, ein Paket zur Benachrichtigung über das Zustandsübergangziel und den aktualisierten Wert des von der lokalen Zustandsmaschine 13 in Schritt S48 erzeugten gemeinsamen internen Wertes wird als lokales Steuerungsstatuspaket 74 erzeugt. Anschließend wird das lokale Steuerungsstatuspaket 74 an die zweite Kommunikationseinheit 12 ausgegeben.

[0225] Als nächstes überträgt die zweite Kommunikationseinheit 12 in Schritt S52 das lokale Steuerungsstatuspaket 74 an die Steuereinheit 30.

[0226] Konkret überträgt die zweite Kommunikationseinheit 12 das lokale Steuerungsstatuspaket 74 an das Gateway 40. Das Gateway 40 überträgt das lokale Steuerungsstatuspaket 74 an die Steuereinheit 30. Schließlich empfängt die Steuereinheit 30 das lokale Steuerungsstatuspaket 74 vom Gateway 40.

[0227] Wenn das Attribut des aktuellen Zustands der lokalen Zustandsmaschine 13 ein lokales Steuerungsattribut ist, teilt die Ausführungssteuerungseinheit 14 der lokalen Zustandsmaschine 13 den Eingabewert und den gemeinsam genutzten internen Wert mit, wodurch die lokale Zustandsmaschine 13 veranlasst wird, den Ausgabewert, das Zustandsübergangziel und den aktualisierten Wert des gemeinsam genutzten internen Werts zu erzeugen, und die lokale Zustandsmaschine 13 außerdem veranlasst wird, den Zustand zu veranlassen, einen Übergang zum Zustandsübergangziel auszuführen. Darüber hinaus überträgt die Ausführungssteuerungseinheit 14 das lokale Steuerungsstatuspaket 74 an die Steuereinheit 30, um eine Benachrichtigung über das Zustandsübergangziel und den aktualisierten Wert des von der lokalen Zustandsmaschine 13 erzeugten gemeinsamen internen Werts bereitzustellen.

[0228] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform kann die Vorrichtung, mit der der Ausgabewert-Erzeugungsprozess durchgeführt werden soll, für jeden Zustand entsprechend dem Zustandsübergang zwischen der entfernt liegenden Vorrichtung (Steuereinheit 30) und der lokalen Vorrichtung (Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10) umgeschaltet werden.

[0229] Das heißt, gemäß der vorliegenden Ausführungsform kann im Steuerungssystem 60 auf der Grundlage von an der Zustandsmaschine definierbaren Steuerungsvorgaben der Ablauf in jedem Zustand unter Berücksichtigung des erforderlichen Ansprechverhaltens auf die Steuereinheit 30 oder die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 verteilt werden. Außerdem kann gemäß der vorliegenden Ausführungsform der Ausgabewert-Erzeugungsprozess für jeden Zustand unter Berücksichtigung der Reihenfolge der Zustandsübergänge und der Zustandsübergangsbedingungen gesteuert werden.

[0230] Infolgedessen kann gemäß der vorliegenden Ausführungsform die Häufigkeit von Fehlerbehandlungen wie Fail-Safe-Prozessen aufgrund von Kommunikationsfehlern, die aufgrund von Kommunikationsverzögerungen und/oder Paketverlusten auftreten, reduziert werden. Dadurch kann die Verfügbarkeit des Steuerungssystems 60 verbessert werden.

[0231] Als nächstes wird anhand von **Fig. 15** ein Beispiel für die mit der vorliegenden Ausführungsform erzielten Effekte beschrieben. Man beachte, dass die in **Fig. 15** dargestellte „Generierung von Rechenergebnissen“ die Generierung eines Ausgabewerts, die Generierung eines Zustandsübergangsziels und die Generierung eines aktualisierten Werts des gemeinsamen internen Werts umfasst.

[0232] (a) in **Fig. 15** zeigt ein Beispiel für die Durchführung eines Prozesses zur Erzeugung eines arithmetischen Ergebnisses, wenn das Steuerungsverfahren gemäß der vorliegenden Ausführungsform nicht verwendet wird.

[0233] Im Beispiel von (a) in **Fig. 15** ist es erforderlich, den Prozess der Erzeugung des arithmetischen Ergebnisses in allen Zuständen der primitiven Zustandsmaschine 32 der Steuereinheit 30 durchzuführen.

[0234] Hier ist es erforderlich, eine Timeout-Zeit im Ausgabeprozess der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 (entsprechend T_err bei Schritt S45 von **Fig. 14**) unter Berücksichtigung eines Mindestwertes der benötigten Antwortzeit in einem Zustand festzule-

gen, in dem der Rechenergebnis-Erzeugungsprozess an der primitiven Zustandsmaschine 32 durchgeführt wird. Im Beispiel von (a) in **Fig. 15** ist es daher erforderlich, die Timeout-Zeit im Ausgabeprozess der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 unter Berücksichtigung von 0,5 Sekunden festzulegen, was einer benötigten Antwortzeit von ST3 entspricht.

[0235] (b) in **Fig. 15** zeigt ein Beispiel für die Durchführung des Prozesses zur Erzeugung des arithmetischen Ergebnisses, wenn das Steuerungsverfahren gemäß der vorliegenden Ausführungsform verwendet wird.

[0236] Im Beispiel von (b) in **Fig. 15** wird der Prozess der Generierung der arithmetischen Ergebnisse von ST_0, ST_1 und ST_3 in der primitiven Zustandsmaschine 32 der Steuereinheit 30 durchgeführt. Andererseits wird der arithmetische Ergebniserzeugungprozess von ST_2 mit geringer benötigter Antwortzeit in der lokalen Zustandsmaschine 13 der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 durchgeführt.

[0237] Wie oben beschrieben, ist es erforderlich, eine Timeout-Zeit im Ausgabeprozess der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 (entsprechend T_err in Schritt S45 von **Fig. 14**) unter Berücksichtigung eines Mindestwertes der benötigten Antwortzeit in einem Zustand festzulegen, in dem der Rechenergebnis-Erzeugungsprozess an der primitiven Zustandsmaschine 32 durchgeführt wird. Im Beispiel (b) von **Fig. 15** muss die Timeout-Zeit im Ausgabeprozess der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 nur unter Berücksichtigung von vier Sekunden festgelegt werden, was der benötigten Antwortzeit von ST_3 entspricht.

[0238] So kann die Timeout-Zeit im Beispiel von (b) von **Fig. 15** länger festgelegt werden als im Beispiel von (a) von **Fig. 15**. Daher kann gemäß der vorliegenden Ausführungsform die Häufigkeit von Fehlerbehandlungen, wie z. B. Fail-Safe-Prozesse aufgrund von Kommunikationsfehlern, reduziert werden. Dadurch kann die Verfügbarkeit des Steuerungssystems 60 verbessert werden.

Ausführungsform 2.

[0239] In der vorliegenden Ausführungsform wird das Steuerungssystem 60 beschrieben, in das eine Vielzahl von Eingabe-/Ausgabevorrichtungen 10 einbezogen sind. In der vorliegenden Ausführungsform erzeugt die lokale Zustandsmaschine 13 einer Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 einen Ausgabewert für die Steuerzieleinrichtung 20, indem sie den Eingabewert verwendet, den eine andere Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 von der Steuerzieleinrichtung 20 erhält.

[0240] In der vorliegenden Ausführungsform werden vor allem die Unterschiede zu Ausführungsform 1 beschrieben.

[0241] Es sei angemerkt, dass die im Folgenden nicht beschriebenen Punkte denen von Ausführungsform 1 entsprechen.

Beschreibung der Struktur

[0242] **Fig. 16** zeigt ein Beispiel für den Aufbau des Steuerungssystems 60 gemäß der vorliegenden Ausführungsform.

[0243] In **Fig. 16** sind zwei Eingabe-/Ausgabevorrichtungen 10, d. h. eine Eingabe-/Ausgabevorrichtung (A) 10a und eine Eingabe-/Ausgabevorrichtung (B) 10b, zu sehen. Und in der Struktur von **Fig. 16** wird ein lokales Eingabepaket 75 von der Eingabe-/Ausgabevorrichtung (A) 10a an die Eingabe-/Ausgabevorrichtung (B) 10b übertragen. Das lokale Eingabepaket 75 ist ein Paket zur Benachrichtigung der Eingabe-/Ausgabevorrichtung (B) 10b über den Eingabewert, den die Eingabe-/Ausgabevorrichtung (A) 10a von der Steuerzieleinrichtung 20 erhalten hat.

[0244] In der vorliegenden Ausführungsform erzeugt die in der Eingabe-/Ausgabevorrichtung (B) 10b enthaltene lokale Zustandsmaschine 13 unter Verwendung des Eingabewerts von der Steuerzieleinrichtung 20, dessen Benachrichtigung durch das lokale Eingabepaket 75 erfolgt, einen Ausgabewert an die Steuerzieleinrichtung 20, legt ein Zustandsübergangsziel fest und aktualisiert einen gemeinsamen internen Wert. In der vorliegenden Ausführungsform entspricht die Eingabe-/Ausgabevorrichtung (B) 10b einer lokalen Vorrichtung.

[0245] Ein Beispiel für den funktionalen Aufbau der Eingabe-/Ausgabevorrichtung (A) 10a und der Eingabe-/Ausgabevorrichtung (B) 10b ist identisch mit dem Beispiel für den funktionalen Aufbau der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10, das in **Fig. 8** dargestellt ist. Auch ein Beispiel für die Hardware-Struktur der Eingabe-/Ausgabevorrichtung (A) 10a und der Eingabe-/Ausgabevorrichtung (B) 10b ist identisch mit dem Beispiel für die Hardware-Struktur der in **Fig. 25** dargestellten Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10.

Beschreibung der Funktionsweise

<<Betrieb beim Initialisierungsprozess>>

[0246] Der Vorgang beim Initialisierungsprozess ist identisch mit dem von Ausführungsform 1. Daher entfällt die Beschreibung des Vorgangs beim Initialisierungsprozess.

<<Betrieb nach Initialisierungsprozess>>

[0247] Fig. 17 zeigt ein Beispiel für einen lokalen Eingabevorgang durch die Eingabe-/Ausgabevorrichtung (A) 10a und die Eingabe-/Ausgabevorrichtung (B) 10b.

[0248] Zusätzlich zu dem in Ausführungsform 1 dargestellten Eingabevorgang (Fig. 11) führt die Eingabe-/Ausgabevorrichtung (A) 10a auch den in Fig. 17 dargestellten lokalen Eingabevorgang durch.

[0249] Es wird davon ausgegangen, dass der in Fig. 17 dargestellte Fluss für jede definierte Steuerungsperiode T1 gestartet wird.

[0250] Zunächst empfängt die erste Kommunikationseinheit 11 der Eingabe-/Ausgabevorrichtung (A) 10a im Schritt S61 das Eingabewertsignal 81 von der Steuerzeleinrichtung 20.

[0251] Die erste Kommunikationseinheit 11 der Eingabe-/Ausgabevorrichtung (A) 10a gibt das empfangene Eingabewertsignal 81 an die Ausführungssteuerungseinheit 14 der Eingabe-/Ausgabevorrichtung (A) 10a aus.

[0252] Als Nächstes erzeugt die Ausführungssteuerungseinheit 14 der Eingabe-/Ausgabevorrichtung (A) 10a in Schritt S62 das lokale Eingabepaket 75 unter Verwendung des Eingabewerts.

[0253] Das heißt, die Ausführungssteuerungseinheit 14 extrahiert den Eingabewert aus dem Eingabewertsignal 81 und erzeugt das lokale Eingabepaket 75 unter Verwendung des extrahierten Eingabewerts. Anschließend gibt die Ausführungssteuerungseinheit 14 das lokale Eingabepaket 75 an die zweite Kommunikationseinheit 12 aus. Das lokale Eingabepaket 75 besteht z. B. aus einer Kopfzeile, einem Eingabewert und einen Footer.

[0254] Es ist zu beachten, dass die Ausführungssteuerungseinheit 14 der Eingabe-/Ausgabevorrichtung (A) 10a den Eingabewert im Eingabewertpuffer (nicht abgebildet), der ein interner Puffer ist, speichert, bis die nächste Steuerungsperiode T1 eintrifft und ein neuer Schritt S62 durchgeführt wird.

[0255] Anschließend überträgt die zweite Kommunikationseinheit 12 der Eingabe-/Ausgabevorrichtung (A) 10a in Schritt S63 das lokale Eingabepaket 75 an das interne Netzwerk 51.

[0256] Es ist zu beachten, dass die zweite Kommunikationseinheit 12 der Eingabe-/Ausgabevorrichtung (A) 10a das lokale Eingabepaket 75 in einer beliebigen Weise von Unicast, Broadcast und Multicast übertragen kann.

[0257] Die Eingabe-/Ausgabevorrichtung (B) 10b empfängt das lokale Eingabepaket 75 aus dem internen Netzwerk 51.

[0258] Man beachte das oben beschriebene Beispiel, bei dem der Ablauf von Fig. 17 für jede Steuerungsperiode T1 gestartet wird. Abgesehen von der Ankunft der Steuerungsperiode T1 kann der Ablauf von Fig. 17 zu jedem der folgenden Zeitpunkte gestartet werden.

[0259] 1) Wenn die Attribute des aktuellen Zustands der primitiven Zustandsmaschine 32 der Steuereinheit 30 und des aktuellen Zustands der lokalen Zustandsmaschine 13 der Eingabe-/Ausgabevorrichtung (B) 10b lokale Steuerungsattribute sind

[0260] In diesem Beispiel wird davon ausgegangen, dass die Ausführungssteuerungseinheit 14 der Eingabe-/Ausgabevorrichtung (A) 10a das Attribut des aktuellen Zustands der primitiven Zustandsmaschine 32 der Steuereinheit 30 oder der lokalen Zustandsmaschine 13 der Eingabe-/Ausgabevorrichtung (B) 10b erkennt. Und wenn die Ausführungssteuerungseinheit 14 der Eingabe-/Ausgabevorrichtung (A) 10a erkennt, dass das Attribut des aktuellen Zustands der primitiven Zustandsmaschine 32 der Steuereinheit 30 oder der lokalen Zustandsmaschine 13 der Eingabe-/Ausgabevorrichtung (B) 10b ein lokales Steuerungsattribut ist, beginnt der Ablauf von Fig. 17.

[0261] 2) Wenn die Eingabe-/Ausgabevorrichtung (A) 10a eine Anforderung zur Übertragung des lokalen Eingabepakets 75 von der Eingabe-/Ausgabevorrichtung (B) 10b erhält

[0262] In diesem Fall erzeugt die Ausführungssteuerungseinheit 14 der Eingabe-/Ausgabevorrichtung (B) 10b eine Anforderung zur Übertragung des lokalen Eingabepakets 75, und die zweite Kommunikationseinheit 12 der Eingabe-/Ausgabevorrichtung (B) 10b überträgt die Anforderung zur Übertragung an die Eingabe-/Ausgabevorrichtung (A) 10a. Dann empfängt die erste Kommunikationseinheit 11 der Eingabe-/Ausgabevorrichtung (A) 10a die Anforderung zur Übertragung, und wenn die Ausführungssteuerungseinheit 14 erkennt, dass die erste Kommunikationseinheit 11 die Anforderung zur Übertragung empfangen hat, beginnt der Ablauf von Fig. 17.

[0263] Damit der Ablauf von Fig. 17 zu jedem der oben beschriebenen Zeitpunkte von 1) und 2) beginnen kann, kann dem Ablauf von Fig. 17 ein Schritt hinzugefügt werden.

[0264] In der vorliegenden Ausführungsform ist ein Beispiel für den Betrieb der Steuereinheit 30 identisch mit dem von Ausführungsform 1 (Fig. 12). Auf

die Beschreibung des Betriebsbeispiels der Steuer-einheit 30 gemäß der vorliegenden Ausführungsform wird daher verzichtet.

[0265] Fig. 18 und Fig. 19 zeigen ein Beispiel für den Betrieb der Eingabe-/Ausgabevorrichtung (B) 10b.

[0266] Die Schritte S71 bis S76, S86 und S87 von Fig. 18 sind identisch mit den Schritten S41 bis S46, S53 und S54 von Fig. 13. Daher entfällt die Beschreibung von Schritt S71 bis Schritt S76, Schritt S86 und Schritt S87.

[0267] In Fig. 19 stellt die Ausführungssteuerungseinheit 14 der Eingabe-/Ausgabevorrichtung (B) 10b in Schritt S77 fest, ob das lokale Eingabepaket 75 von der Eingabe-/Ausgabevorrichtung (A) 10a empfangen wurde.

[0268] Wurde das lokale Eingabepaket 75 von der Eingabe-/Ausgabevorrichtung (A) 10a empfangen, wird mit Schritt S78 fortgefahren. Wurde das lokale Eingabepaket 75 hingegen nicht von der Eingabe-/Ausgabevorrichtung (A) 10a empfangen, wird mit Schritt S84 fortgefahren.

[0269] Im Schritt S78 teilt die Ausführungssteuerungseinheit 14 der Eingabe-/Ausgabevorrichtung (B) 10b der lokalen Zustandsmaschine 13 den Eingabewert der Steuerzieleinrichtung 20 und den gemeinsamen internen Wert mit.

[0270] Das heißt, die Ausführungssteuerungseinheit 14 meldet der lokalen Zustandsmaschine 13 den Eingabewert, der in dem von der Eingabe-/Ausgabevorrichtung (A) 10a im Schritt S61 von Fig. 17 empfangenen lokalen Eingabepaket 75 enthalten ist, und den gemeinsamen internen Wert, der im internen Wertepuffer 15 gespeichert ist.

[0271] Die Schritte S79 bis S83 sind identisch mit den Schritten S48 bis S52 in Fig. 14. Daher entfällt die Beschreibung von Schritt S79 bis Schritt S83.

[0272] Wenn in Schritt S77 festgestellt wird, dass das lokale Eingabepaket 75 nicht empfangen wurde, bestimmt die Ausführungssteuerungseinheit 14 der Eingabe-/Ausgabevorrichtung (B) 10b in Schritt S84, ob ein Zustand des Nicht-Empfangens des lokalen Eingabepakets 75 seit T_err_loc Sekunden anhält.

[0273] Wenn der Zustand des Nicht-Empfangens des lokalen Eingabepakets 75 für T_err_loc Sekunden angedauert hat, fährt der Prozess mit Schritt S85 fort. Wenn hingegen der Zustand, dass das lokale Eingabepaket 75 nicht empfangen wurde, weniger als T_err_loc Sekunden anhält, wird der Vorgang beendet.

[0274] Im Schritt S85 führt die Ausführungssteuerungseinheit 14 der Eingabe-/Ausgabevorrichtung (B) 10b eine definierte Kommunikationsfehlerbehandlung durch. Bei der Behandlung von Kommunikationsfehlern handelt es sich beispielsweise um ein ausfallsicheres Verfahren wie einen Not-Aus.

[0275] Man beachte, dass, wie in Ausführungsform 1 beschrieben, das interne Netzwerk 51 ein Kommunikationspfad ist, in dem nur ein angenommener Verkehr vorhanden ist und die Vorhersage der schlechtesten Werte der Kommunikationsverzögerung und des Jitters einfach ist. Daher wird die Möglichkeit, dass der Prozess von Schritt S77 zu Schritt S84 in Fig. 19 übergeht, als äußerst gering angenommen.

Beschreibung der Wirkungen der Ausführungsform

[0276] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform können auch bei Vorhandensein mehrerer Eingabe-/Ausgabevorrichtungen 10 ähnliche Effekte wie in Ausführungsform 1 erzielt werden. Das heißt, selbst wenn die lokale Zustandsmaschine 13 einer Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 einen Ausgabewert an die Steuerzieleinrichtung 20 erzeugt, indem sie den Eingabewert verwendet, der von einer anderen Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 von der Steuerzieleinrichtung 20 erfasst wird, können ähnliche Wirkungen wie in Ausführungsform 1 erzielt werden.

Ausführungsform 3.

[0277] In der vorliegenden Ausführungsform wird ein Beispiel beschrieben, bei dem nicht die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10, sondern das Gateway 40 als lokale Vorrichtung fungiert.

[0278] In Ausführungsform 1 und Ausführungsform 2 verfügt die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 über die lokale Zustandsmaschine 13 und die Ausführungssteuerungseinheit 14, und die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 fungiert als lokale Vorrichtung. Aufgrund der Kompatibilität mit einer herkömmlichen Vorrichtung oder eines Kostenproblems kann jedoch auch eine Situation angenommen werden, in der die Implementierung der lokalen Zustandsmaschine 13 und der Ausführungssteuerungseinheit 14 auf der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 schwierig ist.

[0279] In der vorliegenden Ausführungsform sind zur Bewältigung dieser Situation auf dem Gateway 40 ähnliche Strukturen wie die in Ausführungsform 1 und 2 beschriebene lokale Zustandsmaschine 13 und die Ausführungssteuerungseinheit 14 angeordnet, und das Gateway 40 wird veranlasst, als lokale Vorrichtung zu funktionieren.

[0280] In der vorliegenden Ausführungsform werden vor allem die Unterschiede zu Ausführungsform 1 beschrieben.

[0281] Es sei angemerkt, dass die im Folgenden nicht beschriebenen Punkte denen von Ausführungsform 1 entsprechen.

Beschreibung der Struktur

[0282] Fig. 20 zeigt ein Beispiel für den Aufbau des Steuerungssystems 60 gemäß der vorliegenden Ausführungsform.

[0283] In der vorliegenden Ausführungsform entspricht nicht die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10, sondern das Gateway 40 einer lokalen Vorrichtung.

[0284] In der vorliegenden Ausführung überträgt die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 außerdem ein Eingabepaket 721 an das Gateway 40.

[0285] Das Gateway 40 empfängt das Eingabepaket 721 und überträgt ein Eingabepaket 722 und ein lokales Steuerungsstatuspaket 741 an die Steuereinheit 30.

[0286] Das Eingabepaket 721 und das Eingabepaket 722 sind identisch mit dem in Fig. 1 dargestellten Eingabepaket 72, mit Ausnahme einer Adresse im Header. In dem Eingabepaket 72 ist die Zieladresse die Adresse der Steuereinheit 30 und die Adresse der Übertragungsquelle die Adresse der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10. Im Eingabepaket 721 ist die Zieladresse die Adresse des Gateways 40 und die Adresse der Übertragungsquelle die Adresse der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10. Im Eingabepaket 722 ist die Zieladresse die Adresse der Steuereinheit 30 und die Quelladresse der Übertragung die Adresse des Gateways 40.

[0287] Auch das lokale Steuerungsstatuspaket 741 ist identisch mit dem in Fig. 1 dargestellten lokalen Steuerungsstatuspaket 74, mit Ausnahme einer Adresse im Header. Im lokalen Steuerungsstatuspaket 74 ist die Zieladresse die Adresse der Steuereinheit 30 und die Übertragungsquellenadresse die Adresse der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10. Im lokalen Steuerungsstatuspaket 741 ist die Zieladresse die Adresse der Steuereinheit 30 und die Quelladresse der Übertragung die Adresse des Gateways 40.

[0288] In der vorliegenden Ausführungsform überträgt die Steuereinheit 30 außerdem ein Ausgangseinstellungspaket 711 und ein Ausgabepaket 731 an das Gateway 40.

[0289] Das Gateway 40 empfängt das Ausgangseinstellungspaket 711 und das Ausgabepaket 731

und überträgt ein Ausgabepaket 732 an die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10.

[0290] Das Ausgangseinstellungspaket 711 ist identisch mit dem in Fig. 1 dargestellten Ausgangseinstellungspaket 71, mit Ausnahme einer Adresse in der Kopfzeile. Im Ausgangseinstellungspaket 71 ist die Zieladresse die der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 und die Quelladresse der Übertragung die der Steuereinheit 30. Im Ausgangseinstellungspaket 711 ist die Zieladresse die des Gateways 40 und die Quelladresse der Übertragung die der Steuereinheit 30.

[0291] Das Ausgabepaket 731 und das Ausgabepaket 732 sind identisch mit dem in Fig. 1 dargestellten Ausgabepaket 73, mit Ausnahme einer Adresse im Header. Im Ausgabepaket 73 ist die Zieladresse die der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 und die Quelladresse der Übertragung die der Steuereinheit 30. Im Ausgabepaket 731 ist die Zieladresse die des Gateways 40 und die Quelladresse der Übertragung die der Steuereinheit 30. Im Ausgabepaket 732 ist die Zieladresse die der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 und die Quelladresse der Übertragung die des Gateways 40.

[0292] Im Ausgabepaket 731 sind wie beim Ausgabepaket 73 der Ausgabewert, das Zustandsübergangziel und der aktualisierte Wert des gemeinsamen internen Wertes enthalten. Im Ausgabepaket 732 darf nur der Ausgabewert enthalten sein, das Zustandsübergangziel und der aktualisierte Wert des gemeinsamen internen Wertes dürfen nicht enthalten sein. In der vorliegenden Ausführungsform verwendet die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 nämlich nicht das Zustandsübergangziel und den aktualisierten Wert des gemeinsamen internen Wertes.

[0293] Die übrigen in Fig. 20 dargestellten Bauteile sind mit den entsprechenden Bauteilen in Fig. 1 identisch.

[0294] Auf die Darstellung eines Beispiels für den funktionellen Aufbau der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 gemäß der vorliegenden Ausführungsform wird verzichtet. In der vorliegenden Ausführungsform kann als Beispiel für die funktionale Struktur der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 angenommen werden, dass die Struktur so beschaffen ist, dass aus der in Fig. 8 dargestellten Struktur die lokale Zustandsmaschine 13, die Ausführungssteuerungseinheit 14, der interne Wertepuffer 15 und die Zustandsattributtabelle 16 entfernt werden.

[0295] Der Funktionsaufbau der Steuereinheit 30 ist identisch mit dem in Fig. 9 dargestellten. Daher wird auf eine Beschreibung verzichtet.

[0296] Fig. 21 zeigt ein Beispiel für den funktionalen Aufbau des Gateways 40 gemäß der vorliegenden Ausführungsform. Fig. 27 zeigt ein Beispiel für den Hardwareaufbau des Gateways 40 gemäß der vorliegenden Ausführungsform.

[0297] Zunächst wird anhand von Fig. 27 ein Beispiel für den Hardwareaufbau des Gateways 40 beschrieben.

[0298] Das Gateway 40 in der vorliegenden Ausführungsform ist ein Computer.

[0299] Das Gateway 40 umfasst als Hardware einen Prozessor 901, eine Hauptspeichervorrichtung 902, eine Hilfsspeichervorrichtung 903 und eine Kommunikationsvorrichtung 904.

[0300] In der Hilfsspeichervorrichtung 903 sind Programme gespeichert, die die Funktionen einer ersten Kommunikationseinheit 41, einer zweiten Kommunikationseinheit 42, einer lokalen Zustandsmaschine 43 und einer Ausführungssteuerungseinheit 44, die weiter unten unter Bezugnahme auf Fig. 21 beschrieben werden, realisieren.

[0301] Diese Programme werden von der Hilfsspeichervorrichtung 903 in die Hauptspeichervorrichtung 902 geladen. Anschließend führt der Prozessor 901 diese Programme aus, um Operationen der ersten Kommunikationseinheit 41, der zweiten Kommunikationseinheit 42, der lokalen Zustandsmaschine 43 und der Ausführungssteuerungseinheit 44 durchzuführen, die weiter unten beschrieben werden.

[0302] In Fig. 27 ist schematisch ein Zustand dargestellt, in dem der Prozessor 901 die Programme ausführt, die die Funktionen der ersten Kommunikationseinheit 41, der zweiten Kommunikationseinheit 42, der lokalen Zustandsmaschine 43 und der Ausführungssteuerungseinheit 44 realisieren.

[0303] Als nächstes wird anhand von Fig. 21 ein Beispiel für den funktionalen Aufbau des Gateways 40 beschrieben.

[0304] Die erste Kommunikationseinheit 41 kommuniziert mit der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10.

[0305] Konkret empfängt die erste Kommunikationseinheit 41 mit Hilfe der Kommunikationsvorrichtung 904 das Eingabepaket 721 von der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10. Außerdem überträgt die erste Kommunikationseinheit 41 mit Hilfe der Kommunikationsvorrichtung 904 das Ausgabepaket 732 an die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10.

[0306] Die zweite Kommunikationseinheit 42 kommuniziert mit der Steuereinheit 30.

[0307] Konkret überträgt die zweite Kommunikationseinheit 42 mit Hilfe der Kommunikationsvorrichtung 904 das Eingabepaket 722 und das lokale Steuerungsstatuspaket 741 an die Steuereinheit 30. Außerdem empfängt die zweite Kommunikationseinheit 42 mit Hilfe der Kommunikationsvorrichtung 904 das Ausgangseinstellungspaket 711 und das Ausgabepaket 731 von der Steuereinheit 30.

[0308] Die lokale Zustandsmaschine 43 ist die lokale Zustandsmaschine, die in Fig. 2 beschrieben ist.

[0309] Wenn das Attribut des aktuellen Zustands der Zustandsmaschine (lokale Zustandsmaschine 43) ein entferntes Steuerungsattribut ist, veranlasst die Ausführungssteuerungseinheit 44 die entfernt liegende Vorrichtung (Steuereinheit 30) in einer für die Steuerzieleinrichtung 20 entfernten Umgebung, den Ausgabewert-Erzeugungsprozess zur Erzeugung eines Ausgabewerts an die Steuerzieleinrichtung 20 auszuführen. Handelt es sich bei dem Attribut des aktuellen Zustands der Zustandsmaschine (lokale Zustandsmaschine 43) hingegen um ein lokales Steuerungsattribut, veranlasst die Ausführungssteuerungseinheit 44 die lokale Vorrichtung (Gateway 40) in einer für die Steuerzieleinrichtung 20 lokalen Umgebung, den Ausgabewert-Erzeugungsprozess durchzuführen.

[0310] Die Ausführungssteuerungseinheit 44 entspricht einer lokalen Ausführungssteuerungseinheit.

[0311] Auch in der vorliegenden Ausführungsform entspricht der von der Ausführungssteuerungseinheit 44 und der Ausführungssteuerungseinheit 33 der Steuereinheit 30 auszuführende Prozess einem Ausführungssteuerungsprozess.

[0312] Da die Funktionsweise der Ausführungssteuerungseinheit 44 im Wesentlichen mit der in Ausführungsform 1 beschriebenen Funktionsweise der Ausführungssteuerungseinheit 14 identisch ist, wird auf eine detaillierte Beschreibung verzichtet.

[0313] Ein interner Wertepuffer 45 ist ein Puffer, der interne Werte einschließlich des gemeinsamen internen Wertes speichert. Wenn für die Steuerung der Steuerzieleinrichtung 20 kein interner Wertepuffer benötigt wird, kann der interne Wertepuffer 45 weggelassen werden.

[0314] Eine Zustandsattributentabelle 46 ist die in Fig. 7 dargestellte Zustandsattributentabelle. Die Zustandsattributentabelle 46 ist mit der Zustandsattributentabelle 16 identisch.

Beschreibung der Funktionsweise

<<Betrieb beim Initialisierungsprozess>>

[0315] In der vorliegenden Ausführungsform führen die Steuereinheit 30 und das Gateway 40 den in **Fig. 10** dargestellten Vorgang aus.

[0316] Schritt S11 bis Schritt S13 dienen der Bedienung der Steuereinheit 30. Die Schritte S11 bis S13 sind identisch mit den in Ausführungsform 1 beschriebenen Schritten, mit der Ausnahme, dass die zu übertragenden und zu empfangenden Pakete und das Übertragungsziel des Pakets unterschiedlich sind. Das heißt, in der vorliegenden Ausführungsform wird nicht das Ausgangseinstellungspaket 71, sondern das Ausgangseinstellungspaket 711 nicht an die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10, sondern an das Gateway 40 übertragen.

[0317] In Schritt S14 ermöglicht es die Ausführungssteuerungseinheit 44, dass auf die im Ausgangseinstellungspaket 711 enthaltene Zustandsattributtabelle 35 als Zustandsattributtabelle 46 Bezug genommen werden kann, und legt das im Ausgangseinstellungspaket 711 enthaltene lokale Zustandsmaschinenprogramm auf die lokale Zustandsmaschine 43 fest.

[0318] Das heißt, die zweite Kommunikationseinheit 42 empfängt das Ausgangseinstellungspaket 711 und gibt das Ausgangseinstellungspaket 711 an die Ausführungssteuerungseinheit 44 aus. Die Ausführungssteuerungseinheit 44 extrahiert die Zustandsattributtabelle 35 aus dem Ausgangseinstellungspaket 711, implementiert die extrahierte Zustandsattributtabelle 35 in der Hauptspeichervorrichtung 902 und ermöglicht es, sie als Zustandsattributtabelle 46 zu bezeichnen. Außerdem extrahiert die Ausführungssteuerungseinheit 44 das lokale Zustandsmaschinenprogramm aus dem Ausgangseinstellungspaket 711, implementiert das extrahierte lokale Zustandsmaschinenprogramm in der Hauptspeichervorrichtung 902 und ermöglicht der lokalen Zustandsmaschine 43, das lokale Zustandsmaschinenprogramm auszuführen.

<<Betrieb nach Initialisierungsprozess>>

[0319] Als nächstes wird der Betrieb nach dem Initialisierungsprozess beschrieben.

[0320] **Fig. 22** zeigt ein Beispiel für einen Eingabevorgang durch das Gateway 40.

[0321] Anhand von **Fig. 22** wird der Eingabeprozess beschrieben.

[0322] Es wird davon ausgegangen, dass der in **Fig. 22** dargestellte Ablauf bei jedem Empfang des Eingabepakets 721 gestartet wird.

[0323] Zunächst bestimmt die Ausführungssteuerungseinheit 44 in Schritt S91, ob das Attribut des aktuellen Zustands der lokalen Zustandsmaschine 43 ein entferntes Steuerungsattribut ist.

[0324] Genauer gesagt bezieht sich die Ausführungssteuerungseinheit 44 auf die Zustandsattributtabelle 46, um festzustellen, ob das Attribut des aktuellen Zustands der lokalen Zustandsmaschine 43 ein entferntes Steuerungsattribut ist. Die Ausführungssteuerungseinheit 44 verfügt über einen Zustandspuffer (nicht dargestellt), der ein interner Puffer zur Aufzeichnung des aktuellen Zustands der lokalen Zustandsmaschine 43 ist. Immer wenn ein Zustandsübergang an der lokalen Zustandsmaschine 43 stattfindet, zeichnet die Ausführungssteuerungseinheit 44 den Zustand des Zustandsübergangsziels im Zustandspuffer als aktuellen Zustand der lokalen Zustandsmaschine 43 auf. In Schritt S91 bestimmt die Ausführungssteuerungseinheit 44 das Attribut des aktuellen Zustands, das im Zustandspuffer gespeichert ist, indem sie die Zustandsattributtabelle 46 heranzieht. Wenn der im Zustandspuffer gespeicherte Zustand beispielsweise ST_1 ist, kann die Ausführungssteuerungseinheit 44 anhand der Zustandsattributtabelle 46 feststellen, dass das Attribut des aktuellen Zustands der lokalen Zustandsmaschine 43 ein entferntes Steuerungsattribut ist.

[0325] Wenn das Attribut des aktuellen Zustands der lokalen Zustandsmaschine 43 ein lokales Steuerungsattribut ist, wird mit Schritt S92 fortgefahren. Ist hingegen das Attribut des aktuellen Zustands der lokalen Zustandsmaschine 43 ein entferntes Steuerungsattribut, so wird mit Schritt S93 fortgefahren.

[0326] Im Schritt S92 veranlasst die Ausführungssteuerungseinheit 44, dass der Eingabewert im Eingabewertpuffer, der ein interner Puffer ist, gespeichert wird.

[0327] Das heißt, die Ausführungssteuerungseinheit 44 extrahiert den Eingabewert aus dem Eingabepaket 721, das von der ersten Kommunikationseinheit 41 von der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 empfangen wurde, und veranlasst, dass der extrahierte Eingabewert im Eingabewertpuffer gespeichert wird. Bei dem Eingabewert-Puffer und dem Zustands-Puffer kann es sich um denselben internen Puffer oder um verschiedene interne Puffer handeln.

[0328] In Schritt S93 überträgt die Ausführungssteuerungseinheit 44 das Eingabepaket 722 an die Steuereinheit 30.

[0329] Das heißt, die Ausführungssteuerungseinheit 44 erzeugt das Eingabepaket 722 zur Benachrichtigung über den im Eingabepaket 721 enthaltenen Eingabewert und gibt das erzeugte Eingabepaket 722 an die zweite Kommunikationseinheit 42 aus. Anschließend überträgt die zweite Kommunikationseinheit 42 das Eingabepaket 722 an die Steuereinheit 30. Die Steuereinheit 30 empfängt das Eingabepaket 722.

[0330] In der vorliegenden Ausführungsform ist ein Beispiel für den Betrieb der Steuereinheit 30 identisch mit dem von Ausführungsform 1 (**Fig. 12**). Auf die Beschreibung des Betriebsbeispiels der Steuereinheit 30 gemäß der vorliegenden Ausführungsform wird daher verzichtet.

[0331] **Fig. 23** zeigt ein Beispiel für den Betrieb des Gateways 40 gemäß der vorliegenden Ausführungsform.

[0332] Es wird angenommen, dass der Ablauf von **Fig. 23** für jede Steuerungsperiode T1 oder beim Empfang des Ausgabepaketes 731 gestartet wird.

[0333] Zunächst bestimmt die Ausführungssteuerungseinheit 44 in Schritt S101, ob das Attribut des aktuellen Zustands der lokalen Zustandsmaschine 43 ein entferntes Steuerungsattribut ist.

[0334] Genauer gesagt bezieht sich die Ausführungssteuerungseinheit 44 auf die Zustandsattributtabelle 46, um festzustellen, ob das Attribut des aktuellen Zustands der lokalen Zustandsmaschine 43 ein entferntes Steuerungsattribut ist. Die Ausführungssteuerungseinheit 44 verfügt über einen Zustandspuffer (nicht dargestellt), der ein interner Puffer zur Aufzeichnung des aktuellen Zustands der lokalen Zustandsmaschine 43 ist. Immer wenn ein Zustandsübergang an der lokalen Zustandsmaschine 43 stattfindet, zeichnet die Ausführungssteuerungseinheit 44 den Zustand des Zustandsübergangsziels im Zustandspuffer als aktuellen Zustand der lokalen Zustandsmaschine 43 auf. In Schritt S101 bestimmt die Ausführungssteuerungseinheit 44 das Attribut des aktuellen Zustands, das im Zustandspuffer gespeichert ist, indem sie die Zustandsattributtabelle 46 heranzieht. Wenn der im Zustandspuffer gespeicherte Zustand beispielsweise ST_1 ist, kann die Ausführungssteuerungseinheit 44 anhand der Zustandsattributtabelle 46 feststellen, dass das Attribut des aktuellen Zustands der lokalen Zustandsmaschine 43 ein entferntes Steuerungsattribut ist.

[0335] Wenn das Attribut des aktuellen Zustands der lokalen Zustandsmaschine 43 ein entferntes Steuerungsattribut ist, geht das Verfahren zu Schritt S113 über. Handelt es sich hingegen bei dem Attribut des aktuellen Zustands der lokalen Zustandsma-

schine 43 um ein lokales Steuerungsattribut, wird mit Schritt S105 fortgefahren.

[0336] In Schritt S113 bestimmt die Ausführungssteuerungseinheit 44, ob das Ausgabepaket 731 empfangen wurde. Wurde das Ausgabepaket 731 empfangen, fährt der Prozess mit Schritt S102 fort. Wurde das Ausgabepaket 731 hingegen nicht empfangen, geht der Prozess zu Schritt S114 über.

[0337] In Schritt S102 teilt die Ausführungssteuerungseinheit 44 der lokalen Zustandsmaschine 43 das Zustandsübergangsziel mit und aktualisiert den internen Wertepuffer 45.

[0338] Das heißt, die Ausführungssteuerungseinheit 44 teilt der lokalen Zustandsmaschine 43 das im Ausgabepaket 731 enthaltene Zustandsübergangsziel mit.

[0339] Außerdem aktualisiert die Ausführungssteuerungseinheit 44 den internen Wertepuffer 45 unter Verwendung des aktualisierten Wertes des gemeinsamen internen Wertes, der im Ausgabepaket 731 enthalten ist.

[0340] Im nächsten Schritt S103 veranlasst die lokale Zustandsmaschine 43 einen Zustandsübergang zum Zustandsübergangsziel, über den eine Benachrichtigung von der Ausführungssteuerungseinheit 44 erfolgt.

[0341] Anschließend überträgt die Ausführungssteuerungseinheit 44 in Schritt S104 das Ausgabepaket 732 über die erste Kommunikationseinheit 41 an die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10.

[0342] Das heißt, die Ausführungssteuerungseinheit 44 erzeugt das Ausgabepaket 732, um eine Benachrichtigung über den im Ausgabepaket 731 enthaltenen Ausgabewert bereitzustellen. Anschließend gibt die Ausführungssteuerungseinheit 44 das erzeugte Ausgabepaket 732 an die erste Kommunikationseinheit 41 überträgt das Ausgabepaket 732 an die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10. Es ist zu beachten, dass, wie oben beschrieben, das Zustandsübergangsziel und der aktualisierte Wert des gemeinsamen internen Wertes nicht in das Ausgabepaket 732 aufgenommen werden dürfen.

[0343] Wenn das Attribut des aktuellen Zustands der lokalen Zustandsmaschine 43 ein entferntes Steuerungsattribut ist, teilt die Ausführungssteuerungseinheit 44 der lokalen Zustandsmaschine 43 das von der Steuereinheit 30 festgelegte Zustandsübergangsziel mit, wodurch die lokale Zustandsmaschine 43 veranlasst wird, einen Übergang zu dem von der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 festgelegten Zustandsübergangsziel zu bewirken. Darüber

hinaus aktualisiert die Ausführungssteuerungseinheit 44 den internen Wertepuffer 15 unter Verwendung des aktualisierten Wertes des gemeinsamen internen Wertes, der in der Steuereinheit 30 festgelegt wurde. Außerdem teilt die Ausführungssteuerungseinheit 44 der Steuerzeleinrichtung 20 den von der Steuereinheit 30 beschlossenen Ausgabewert mit.

[0344] Wenn in Schritt S101 festgestellt wird, dass das Attribut des aktuellen Zustands der lokalen Zustandsmaschine 43 ein lokales Steuerungsattribut ist, teilt die Ausführungssteuerungseinheit 44 in Schritt S105 der lokalen Zustandsmaschine 43 den Eingabewert von der Steuerzeleinrichtung 20 und den gemeinsamen internen Wert mit.

[0345] Das heißt, die Ausführungssteuerungseinheit 44 meldet der lokalen Zustandsmaschine 43 den Eingabewert, der in dem von der ersten Kommunikationseinheit 41 von der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 empfangenen Eingabepaket 721 enthalten ist, und den im internen Wertepuffer 45 gespeicherten gemeinsamen internen Wert.

[0346] Im Schritt S106 führt die lokale Zustandsmaschine 43 dem aktuellen Zustand entsprechende Rechenmittel aus, um einen Ausgabewert, ein Zustandsübergangziel und einen aktualisierten Wert des gemeinsam genutzten internen Wertes zu erzeugen, indem sie den Eingabewert, dessen Benachrichtigung von der Ausführungssteuerungseinheit 44 geliefert wird, und den gemeinsam genutzten internen Wert verwendet.

[0347] Außerdem teilt die lokale Zustandsmaschine 43 der Ausführungssteuerungseinheit 44 den Ausgabewert, das Zustandsübergangziel und den aktualisierten Wert des gemeinsamen internen Wertes mit.

[0348] Als Nächstes veranlasst die lokale Zustandsmaschine 43 in Schritt S107, dass der Zustand einen Übergang zu dem in Schritt S106 erzeugten Zustandsübergangziel durchführt.

[0349] Anschließend aktualisiert die Ausführungssteuerungseinheit 44 in Schritt S108 den internen Wertepuffer 45.

[0350] Das heißt, die Ausführungssteuerungseinheit 44 aktualisiert den internen Wertepuffer 15 unter Verwendung des aktualisierten Wertes des gemeinsamen internen Wertes, der von der lokalen Zustandsmaschine 43 in Schritt S106 erzeugt wurde.

[0351] Außerdem aktualisiert die Ausführungssteuerungseinheit 44 den aktuellen Zustand des Zustandspuffers auf den Zustand des Zustandsübergangziels.

[0352] Im nächsten Schritt S109 erzeugt die Ausführungssteuerungseinheit 44 das Ausgabepaket 732.

[0353] Das heißt, die Ausführungssteuerungseinheit 44 erzeugt das Ausgabepaket 732 zur Benachrichtigung über den von der lokalen Zustandsmaschine 43 in Schritt S106 erzeugten Ausgabewert. Es ist zu beachten, dass, wie oben beschrieben, das Zustandsübergangziel und der aktualisierte Wert des gemeinsamen internen Wertes nicht in das Ausgabepaket 732 aufgenommen werden dürfen.

[0354] Anschließend gibt die Ausführungssteuerungseinheit 44 das Ausgabepaket 732 an die erste Kommunikationseinheit 41 aus.

[0355] Anschließend überträgt die erste Kommunikationseinheit 41 in Schritt S110 das Ausgabepaket 732 an die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10.

[0356] Als Nächstes erzeugt die Ausführungssteuerungseinheit 44 in Schritt S111 das lokale Steuerungsstatuspaket 741.

[0357] Das heißt, ein Paket zur Benachrichtigung über das Zustandsübergangziel und den aktualisierten Wert des von der lokalen Zustandsmaschine 43 in Schritt S106 erzeugten gemeinsamen internen Wertes wird als lokales Steuerungsstatuspaket 741 erzeugt. Anschließend wird das lokale Steuerungsstatuspaket 741 an die zweite Kommunikationseinheit 42 ausgegeben.

[0358] Anschließend überträgt die zweite Kommunikationseinheit 42 in Schritt S112 das lokale Steuerungsstatuspaket 741 an die Steuereinheit 30.

[0359] Wenn in Schritt S113 festgestellt wird, dass das Ausgabepaket 731 nicht empfangen wurde, ermittelt die Ausführungssteuerungseinheit 44 in Schritt S114, ob das Ausgabepaket 732 mindestens einmal nach einem Übergang vom Zustand des lokalen Steuerungsattributs zum Zustand des entfernten Steuerungsattribut empfangen wurde. Wenn das Ausgabepaket 731 nicht einmal empfangen wurde, wird mit Schritt S115 fortgefahren. Wurde das Ausgabepaket 731 mindestens einmal empfangen, ist der Vorgang beendet.

[0360] In Schritt S115 überträgt die Ausführungssteuerungseinheit 44 erneut das lokale Steuerungsstatuspaket 741, das im Zustand des unmittelbar vorhergehenden lokalen Steuerungsattributs erzeugt wurde, an die Steuereinheit 30. Es wird davon ausgegangen, dass das lokale Steuerungsstatuspaket 741 für diesen Vorgang zwischengespeichert wurde. Nach dem Schritt S115 endet der Prozess.

[0361] Wenn das Attribut des aktuellen Zustands der lokalen Zustandsmaschine 43 ein lokales Steuerungsattribut ist, teilt die Ausführungssteuerungseinheit 44 der lokalen Zustandsmaschine 43 den Eingabewert mit, wodurch die lokale Zustandsmaschine 43 veranlasst wird, den Ausgabewert, das Zustandsübergangziel und den aktualisierten Wert des gemeinsamen internen Werts zu erzeugen, und die lokale Zustandsmaschine 43 außerdem veranlasst wird, den Zustand zu veranlassen, einen Übergang zum Zustandsübergangziel auszuführen. Darüber hinaus überträgt die Ausführungssteuerungseinheit 44 das lokale Steuerungsstatuspaket 741 an die Steuereinheit 30, um eine Benachrichtigung über das Zustandsübergangziel und den aktualisierten Wert des von der lokalen Zustandsmaschine 43 erzeugten gemeinsamen internen Werts bereitzustellen. Außerdem überträgt die Ausführungssteuerungseinheit 44 das Ausgabepaket 732 zur Benachrichtigung über den von der lokalen Zustandsmaschine 43 erzeugten Ausgabewert an die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10.

Beschreibung der Wirkungen der Ausführungsform

[0362] In der vorliegenden Ausführungsform verfügt das Gateway 40 über die lokale Zustandsmaschine 43 und die Ausführungssteuerungseinheit 44 und fungiert als lokale Vorrichtung. Selbst wenn die lokale Zustandsmaschine 13 und die Ausführungssteuerungseinheit 14 nicht auf der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 implementiert sind, können also gemäß der vorliegenden Ausführungsform ähnliche Wirkungen wie in Ausführungsform 1 erzielt werden.

Ausführungsform 4.

[0363] In den Ausführungsformen 1 bis 3 ist die Anzahl der Zustände, auf die die Ausführungssteuerungseinheit 33 ein lokales Steuerungsattribut festlegt, eine feste Zahl (L). In der vorliegenden Ausführungsform wird ein Beispiel beschrieben, bei dem die Ausführungssteuerungseinheit 33 auf der Grundlage der Kommunikationsqualität dynamisch über die Anzahl der Zustände entscheidet, auf die ein lokales Steuerungsattribut festgelegt wird.

[0364] In der vorliegenden Ausführungsform werden vor allem die Unterschiede zu Ausführungsform 1 beschrieben.

[0365] Es sei angemerkt, dass die im Folgenden nicht beschriebenen Punkte denen von Ausführungsform 1 entsprechen.

Beschreibung der Struktur

[0366] In der vorliegenden Ausführungsform ist das Steuerungssystem 60 wie in **Fig. 1** dargestellt aufgebaut.

[0367] Die funktionelle Struktur der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 ist in **Fig. 8** dargestellt, und die Hardware-Struktur der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 ist ebenfalls in **Fig. 25** dargestellt.

[0368] Die funktionale Struktur der Steuereinheit 30 ist in **Fig. 9** dargestellt, und die Hardware-Struktur der Steuereinheit 30 ist ebenfalls in **Fig. 26** dargestellt.

[0369] In der vorliegenden Ausführungsform entscheidet die Ausführungssteuerungseinheit 33 auf der Grundlage der Kommunikationsqualität einer Kommunikationsleitung, die bei der Kommunikation der Steuereinheit 30 mit der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 verwendet wird, über die Anzahl der Zustände, für die ein lokales Steuerungsattribut festgelegt wird. Genauer gesagt legt die Ausführungssteuerungseinheit 33 in der vorliegenden Ausführungsform von der Vielzahl von Zuständen ein Attribut eines Zustands, in dem die benötigte Antwortzeit voraussichtlich nicht erfüllt wird, als lokales Steuerungsattribut fest. Anschließend legt die Ausführungssteuerungseinheit 33 die Attribute der übrigen Zustände der Vielzahl von Zuständen als entferntes Steuerungsattribut fest.

Beschreibung der Funktionsweise

<<Betrieb beim Initialisierungsprozess>>

[0370] **Fig. 24** illustriert einen Initialisierungsprozess gemäß der vorliegenden Ausführungsform.

[0371] In Schritt S121 misst die Ausführungssteuerungseinheit 33 die RTT (Round Trip Time) zwischen sich und dem Gateway 40, um eine Verteilung der RTT zu erstellen.

[0372] Das heißt, die Ausführungssteuerungseinheit 33 misst die RTT, die die Kommunikationsqualität des externen Netzwerks 52 darstellt, das eine Kommunikationsleitung ist, die bei der Kommunikation mit der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 verwendet wird. Anschließend erstellt die Ausführungssteuerungseinheit 33 eine Verteilung der gemessenen RTT. Es sei angemerkt, dass, wenn RTT-Informationen, die vor der Ausführung von Schritt S121 gemessen wurden, zusätzlich zu den in Schritt S121 gemessenen RTT-Informationen verwendet werden können, eine RTT-Verteilung auch unter Einbeziehung dieser Informationen erstellt werden kann.

[0373] Als Nächstes erzeugt die Ausführungssteuerungseinheit 33 in Schritt S122 die Zustandsattribut-tabelle 35 auf der Grundlage der in Schritt S121 erzeugten Verteilung der RTT.

[0374] Insbesondere berechnet die Ausführungssteuerungseinheit 33 auf der Grundlage der in Schritt S121 erzeugten Verteilung der RTT eine Wahrscheinlichkeit pp, dass die benötigte Antwortzeit für jeden in der primitiven Zustandsmaschine 32 enthaltenen Zustand erfüllt wird. Dann legt die Ausführungssteuerungseinheit 33 einen Zustand, bei dem die Wahrscheinlichkeit pp kleiner als eine erforderliche Wahrscheinlichkeit P ist, als lokales Steuerungsattribut fest. Außerdem legt die Ausführungssteuerungseinheit 33 als entferntes Steuerungsattribut einen Zustand fest, bei dem die Wahrscheinlichkeit pp gleich oder größer als die erforderliche Wahrscheinlichkeit P ist. Die erforderliche Wahrscheinlichkeit P ist ein Mindestwert für die Wahrscheinlichkeit pp. Wenn die Wahrscheinlichkeit pp gleich oder größer als die erforderliche Wahrscheinlichkeit P ist, sagt die Ausführungssteuerungseinheit 33 voraus, dass die Wahrscheinlichkeit pp die benötigte Antwortzeit erfüllt. Das heißt, die Ausführungssteuerungseinheit 33 legt das Attribut eines Zustands, in dem die benötigte Antwortzeit voraussichtlich nicht erfüllt wird, als lokales Steuerungsattribut fest, und legt das Attribut eines Zustands, in dem die benötigte Antwortzeit voraussichtlich erfüllt wird, als entferntes Steuerungsattribut fest.

[0375] Da die Schritte S123 bis S125 mit den in Fig. 10 dargestellten Schritten S12 bis S14 identisch sind, wird auf eine Beschreibung verzichtet.

[0376] Es ist zu beachten, dass die Verteilung der RTT hier zwar als Index für die Kommunikationsqualität des externen Netzwerks 52 verwendet wird, dass aber auch ein anderer Index als Index für die Kommunikationsqualität verwendet werden kann.

[0377] Da der Vorgang nach dem Initialisierungsprozess identisch mit dem von Ausführungsbeispiel 1 ist, wird auf eine Beschreibung verzichtet.

Beschreibung der Wirkungen der Ausführungsform

[0378] In der vorliegenden Ausführungsform wird der Zustand, in dem die benötigte Antwortzeit voraussichtlich nicht eingehalten werden kann, als lokales Steuerungsattribut festgelegt. Während die Anzahl der Zustände, auf die ein lokales Steuerungsattribut festgelegt wird, gemäß der vorliegenden Ausführungsform auf der Grundlage der Kommunikationsqualität bestimmt wird, können somit ähnliche Wirkungen wie in Ausführungsform 1 erzielt werden.

[0379] Während die Ausführungsformen 1 bis 4 oben beschrieben wurden, können zwei oder mehr dieser Ausführungsformen zur Ausführung kombiniert werden.

[0380] Alternativ dazu kann eine dieser Ausführungsformen auch teilweise umgesetzt werden.

[0381] Alternativ dazu können zwei oder mehr dieser Ausführungsformen teilweise kombiniert werden.

[0382] Auch die in diesen Ausführungen beschriebenen Strukturen und Verfahren können nach Bedarf geändert werden.

Ergänzende Beschreibung der Hardware-Struktur

[0383] Schließlich wird ergänzend der Hardwareaufbau der Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10, der Steuereinheit 30 und des Gateways 40 beschrieben.

[0384] Der Prozessor 701, der Prozessor 801 und der Prozessor 901 sind jeweils ein IC (integrierter Schaltkreis) zur Durchführung der Verarbeitung.

[0385] Der Prozessor 701, der Prozessor 801 und der Prozessor 901 sind jeweils eine CPU (Central Processing Unit), DSP (Digitaler Signalprozessor) oder ähnliches.

[0386] Die Hauptspeichervorrichtung 702, die Hauptspeichervorrichtung 802 und die Hauptspeichervorrichtung 902 sind jeweils ein RAM (Random Access Memory).

[0387] Die Hilfsspeichervorrichtung 703, die Hilfsspeichervorrichtung 803 und die Hilfsspeichervorrichtung 903 sind jeweils ein ROM (Read Only Memory), Flash-Speicher, HDD (Hard Disk Drive) oder ähnliches.

[0388] Die Kommunikationsvorrichtung 704, die Kommunikationsvorrichtung 804 und die Kommunikationsvorrichtung 904 sind jeweils eine elektronische Schaltung, die einen Kommunikationsprozess durchführt.

[0389] Die Kommunikationsvorrichtung 704, die Kommunikationsvorrichtung 804 und die Kommunikationsvorrichtung 904 sind z. B. jeweils ein Kommunikationschip oder NIC (Network Interface Card).

[0390] Außerdem ist in der Hilfsspeichervorrichtung 703 ein Betriebssystem (OS) gespeichert.

[0391] Und mindestens ein Teil des Betriebssystems wird durch den Prozessor 701 ausgeführt.

[0392] Während der Ausführung zumindest eines Teils des Betriebssystems führt der Prozessor 701 Programme aus, die die Funktionen der ersten Kommunikationseinheit 11, der zweiten Kommunikationseinheit 12, der lokalen Zustandsmaschine 13 und der Ausführungssteuerungseinheit 14 realisieren.

[0393] Mit dem Prozessor 701, der das Betriebssystem ausführt, werden Aufgabenverwaltung, Speicherverwaltung, Dateiverwaltung, Kommunikationssteuerung usw. durchgeführt.

[0394] In der Hilfsspeichervorrichtung 803 ist auch ein Betriebssystem gespeichert.

[0395] Und mindestens ein Teil des Betriebssystems wird durch den Prozessor 801 ausgeführt.

[0396] Während der Ausführung zumindest eines Teils des Betriebssystems führt der Prozessor 801 Programme aus, die die Funktionen der Kommunikationseinheit 31, der primitiven Zustandsmaschine 32 und der Ausführungssteuerungseinheit 33 realisieren.

[0397] Mit dem Prozessor 801, der das Betriebssystem ausführt, werden Aufgabenverwaltung, Speicherverwaltung, Dateiverwaltung, Kommunikationssteuerung usw. durchgeführt.

[0398] In der Hilfsspeichervorrichtung 903 ist auch ein Betriebssystem gespeichert.

[0399] Und mindestens ein Teil des Betriebssystems wird durch den Prozessor 901 ausgeführt.

[0400] Während der Ausführung zumindest eines Teils des Betriebssystems führt der Prozessor 901 Programme aus, die die Funktionen der ersten Kommunikationseinheit 41, der zweiten Kommunikationseinheit 42, der lokalen Zustandsmaschine 43 und der Ausführungssteuerungseinheit 44 realisieren.

[0401] Mit dem Prozessor 901, der das Betriebssystem ausführt, werden Aufgabenverwaltung, Speicherverwaltung, Dateiverwaltung, Kommunikationssteuerung usw. durchgeführt.

[0402] Außerdem wird mindestens eine der Informationen, Daten, Signalwerte und Variablenwerte, die die Ergebnisse der Prozesse der ersten Kommunikationseinheit 11, der zweiten Kommunikationseinheit 12, der lokalen Zustandsmaschine 13 und der Ausführungssteuerungseinheit 14 anzeigen, in mindestens einer der Hauptspeichervorrichtungen 702, der Hilfsspeichervorrichtung 703 und einem Register und einem Cache-Speicher im Prozessor 701 gespeichert.

[0403] Außerdem können Programme, die die Funktionen der ersten Kommunikationseinheit 11, der zweiten Kommunikationseinheit 12, der lokalen Zustandsmaschine 13 und der Ausführungssteuerungseinheit 14 realisieren, auf einem tragbaren Aufzeichnungsmedium wie einer Magnetplatte, einer flexiblen Platte, einer optischen Platte, einer Compact Disc, einer Blu-ray-Disc (eingetragenes Warenzeichen) oder einer DVD gespeichert werden. Und der tragbare Aufzeichnungsträger, auf dem die Programme gespeichert sind, die die Funktionen der ersten Kommunikationseinheit 11, der zweiten Kommunikationseinheit 12, der lokalen Zustandsmaschine 13 und der Ausführungssteuerungseinheit 14 realisieren, kann verteilt werden.

[0404] Auch „Einheit“ der ersten Kommunikationseinheit 11, der zweiten Kommunikationseinheit 12 und der Ausführungssteuerungseinheit 14 kann als „Schaltkreis“, „Schritt“, „Verfahren“, „Prozess“ oder „Schaltung“ gelesen werden.

[0405] Die Eingabe-/Ausgabevorrichtung 10 kann auch durch eine Verarbeitungsschaltung realisiert werden. Die Verarbeitungsschaltung ist beispielsweise ein Logik-IC (Integrierter Schaltkreis), anwendungsspezifischer integrierter Schaltkreis (GA, Gate Array), ASIC (Application Specific Integrated Circuit) oder feldprogrammierbares Gate-Array (FPGA, Field-Programmable Gate Array).

[0406] In diesem Fall sind die erste Kommunikationseinheit 11, die zweite Kommunikationseinheit 12, die lokale Zustandsmaschine 13 und die Ausführungssteuerungseinheit 14 jeweils als Teil der Verarbeitungsschaltung realisiert.

[0407] Außerdem wird mindestens eine der Informationen, Daten, Signalwerte und Variablenwerte, die die Ergebnisse der Prozesse der Kommunikationseinheit 31, der primitiven Zustandsmaschine 32 und der Ausführungssteuerungseinheit 33 anzeigen, in mindestens einer der Hauptspeichervorrichtungen 802, der Hilfsspeichervorrichtung 803 und einem Register und einem Cache-Speicher im Prozessor 801 gespeichert.

[0408] Außerdem können Programme, die die Funktionen der Kommunikationseinheit 31, der primitiven Zustandsmaschine 32 und der Ausführungssteuerungseinheit 33 ausführen, auf einem tragbaren Aufzeichnungsmedium wie einer Magnetplatte, einer flexiblen Platte, einer optischen Platte, einer Compact Disc, einer Blu-ray-Disc (eingetragenes Warenzeichen) oder einer DVD gespeichert werden. Und der tragbare Aufzeichnungsträger, auf dem die Programme gespeichert sind, die die Funktionen der Kommunikationseinheit 31, der primitiven Zustandsmaschine 32 und der Ausführungssteuerungseinheit 33 realisieren, kann verteilt werden.

[0409] Auch „Einheit“ der Kommunikationseinheit 31 und der Ausführungssteuerungseinheit 33 kann als „Schaltkreis“, „Schritt“, „Verfahren“, „Prozess“ oder „Schaltung“ gelesen werden.

[0410] Die Steuereinheit 30 kann auch durch eine Verarbeitungsschaltung realisiert werden. Bei der Verarbeitungsschaltung handelt es sich, wie oben beschrieben, z. B. um einen Logik-IC, GA, ASIC oder FPGA.

[0411] In diesem Fall sind die Kommunikationseinheit 31, die primitive Zustandsmaschine 32, die Ausführungssteuerungseinheit 33 und der interne Wertepuffer 34 jeweils als Teil der Verarbeitungsschaltung realisiert.

[0412] Außerdem wird mindestens eine der Informationen, Daten, Signalwerte und Variablenwerte, die die Ergebnisse der Prozesse der ersten Kommunikationseinheit 41, der zweiten Kommunikationseinheit 42, der lokalen Zustandsmaschine 43 und der Ausführungssteuerungseinheit 44 anzeigen, in mindestens einer der Hauptspeichervorrichtungen 902, der Hilfsspeichervorrichtung 903 und einem Register und einem Cache-Speicher im Prozessor 901 gespeichert.

[0413] Außerdem können Programme, die die Funktionen der ersten Kommunikationseinheit 41, der zweiten Kommunikationseinheit 42, der lokalen Zustandsmaschine 43 und der Ausführungssteuerungseinheit 44 realisieren, auf einem tragbaren Aufzeichnungsmedium wie einer Magnetplatte, einer flexiblen Platte, einer optischen Platte, einer Compact Disc, einer Blu-ray-Disk (eingetragenes Warenzeichen) oder einer DVD gespeichert werden. Und der tragbare Aufzeichnungsträger, auf dem die Programme gespeichert sind, die die Funktionen der ersten Kommunikationseinheit 41, der zweiten Kommunikationseinheit 42, der lokalen Zustandsmaschine 43 und der Ausführungssteuerungseinheit 44 realisieren, kann verteilt werden.

[0414] Auch „Einheit“ der ersten Kommunikationseinheit 41, der zweiten Kommunikationseinheit 42 und der Ausführungssteuerungseinheit 44 kann als „Schaltkreis“, „Schritt“, „Verfahren“, „Prozess“ oder „Schaltung“ gelesen werden.

[0415] Das Gateway 40 kann auch durch eine Verarbeitungsschaltung realisiert werden. Bei der Verarbeitungsschaltung handelt es sich, wie oben beschrieben, z. B. um einen Logik-IC, GA, ASIC oder FPGA.

[0416] In diesem Fall sind die erste Kommunikationseinheit 41, die zweite Kommunikationseinheit 42, die lokale Zustandsmaschine 43 und die Ausführungssteuerungseinheit 44 jeweils als Teil der Verarbeitungsschaltung realisiert.

ungssteuerungseinheit 44 jeweils als Teil der Verarbeitungsschaltung realisiert.

[0417] Es sei darauf hingewiesen, dass in der vorliegenden Spezifikation das übergeordnete Konzept des Prozessors und der Verarbeitungsschaltung als „Verarbeitungsschaltung“ bezeichnet wird.

[0418] Das heißt, der Prozessor und die Verarbeitungsschaltung sind jeweils ein spezifisches Beispiel für „Verarbeitungsschaltungen“.

Bezugszeichenliste

[0419] .10: Eingabe-/Ausgabevorrichtung; 10a: Eingabe-/Ausgabevorrichtung (A); 10b: Eingabe-/Ausgabevorrichtung (B); 11: erste Kommunikationseinheit; 12: zweite Kommunikationseinheit; 13: lokale Zustandsmaschine; 14: Ausführungssteuerungseinheit; 15: interner Wertepuffer; 16: Zustandsattributentabelle; 20: Steuerzieleinrichtung; 30: Steuereinheit; 31: Kommunikationseinheit; 32: primitive Zustandsmaschine; 33: Ausführungssteuerungseinheit; 34: interner Wertepuffer; 35: Zustandsattributentabelle; 40: Gateway; 41: erste Kommunikationseinheit; 42: zweite Kommunikationseinheit; 43: lokale Zustandsmaschine; 44: Ausführungssteuerungseinheit; 45: interner Wertepuffer; 46: Zustandsattributentabelle; 51: internes Netzwerk; 52: externes Netzwerk; 60: Steuerungssystem; 71: Ausgangseinstellungspaket; 72: Eingabepaket; 73: Ausgabepaket; 74: lokales Steuerungsstatuspaket; 75: lokales Eingabepaket; 81: Eingabewertsignal; 82: Ausgabewertsignal; 701: Prozessor; 702: Hauptspeichervorrichtung; 703: Hilfsspeichervorrichtung; 704: Kommunikationsvorrichtung; 711: Ausgangseinstellungspaket; 721: Eingabepaket; 722: Eingabepaket; 731: Ausgabepaket; 732: Ausgabepaket; 741: lokales Steuerungsstatuspaket; 801: Prozessor; 802: Hauptspeichervorrichtung; 803: Hilfsspeichervorrichtung; 804: Kommunikationsvorrichtung; 821: Ausgabewertsignal; 822: Ausgabewertsignal; 901: Prozessor; 902: Hauptspeichervorrichtung; 903: Hilfsspeichervorrichtung; 904: Kommunikationsvorrichtung.

Patentansprüche

1. Steuerungssystem (60), aufweisend:
eine Zustandsmaschine (13, 32), um einen Zustandsübergang zwischen einer Vielzahl von Zuständen auszuführen, die jeweils entweder mit einem entfernten Steuerungsattribut oder einem lokalen Steuerungsattribut als ein Attribut festgelegt sind; und
eine Ausführungssteuerungseinheit (14, 33), um eine entfernt liegende Vorrichtung (30) in einer für eine Steuerzieleinrichtung (20) entfernten Umgebung zu veranlassen, einen Ausgabewert-Erzeugungsprozess des Erzeugens eines Ausgabewerts

an die Steuerzeleinrichtung durchzuführen, wenn das Attribut eines aktuellen Zustands der Zustandsmaschine das entfernte Steuerungsattribut ist, und um eine lokale Vorrichtung (10) in einer für die Steuerzeleinrichtung lokalen Umgebung zu veranlassen, den Ausgabewert-Erzeugungsprozess durchzuführen, wenn das Attribut des aktuellen Zustands der Zustandsmaschine das lokale Steuerungsattribut ist, wobei die Zustandsmaschine eine entfernt liegende Zustandsmaschine (32) aufweist, die in der entfernt liegenden Vorrichtung verwaltet wird, und eine lokale Zustandsmaschine (13), die in der lokalen Vorrichtung verwaltet wird, wobei die entfernt liegende Zustandsmaschine einen Zustandsübergang zwischen der Vielzahl von Zuständen ausführt, die jeweils entweder mit dem entfernten Steuerungsattribut oder dem lokalen Steuerungsattribut als das Attribut festgelegt sind, wobei die lokale Zustandsmaschine eine Vielzahl von Zuständen enthält, die mit der Vielzahl von Zuständen identisch sind, die in der entfernt liegenden Zustandsmaschine enthalten sind, und einen Zustandsübergang synchron mit der entfernt liegenden Zustandsmaschine durchführt, wobei ein Attribut, das mit demjenigen eines korrespondierenden Zustands der entfernt liegenden Zustandsmaschine identisch ist, für jeden Zustand festgelegt wird, wobei die Ausführungssteuerungseinheit aufweist: eine entfernte Ausführungssteuerungseinheit (33), die bei der entfernt liegenden Vorrichtung arbeitet und die entfernt liegende Zustandsmaschine verwaltet, und eine lokale Ausführungssteuerungseinheit (14), die bei der lokalen Vorrichtung arbeitet und die lokale Zustandsmaschine verwaltet, wobei die entfernte Ausführungssteuerungseinheit die entfernt liegende Zustandsmaschine veranlasst, den Ausgabewert-Erzeugungsprozess auszuführen, wenn das Attribut des aktuellen Zustands der entfernt liegenden Zustandsmaschine das entfernte Steuerungsattribut ist, und die lokale Ausführungssteuerungseinheit die lokale Zustandsmaschine veranlasst, den Ausgabewert-Erzeugungsprozess auszuführen, wenn das Attribut des aktuellen Zustands der lokalen Zustandsmaschine das lokale Steuerungsattribut ist; wobei die lokale Vorrichtung ein Gateway ist, das mit der entfernt liegenden Vorrichtung und einer mit der Steuerzeleinrichtung verbundenen Eingabe-/Ausgabevorrichtung verbunden ist und die Kommunikation zwischen der Eingabe-/Ausgabevorrichtung und der entfernt liegenden Vorrichtung weiterleitet; wobei die für die Steuerzeleinrichtung (20) lokale Umgebung eine Umgebung ist, in der eine Kommunikationsverzögerung und Jitter, die bei der Kommunikation mit der Steuerzeleinrichtung (20) auftreten, innerhalb eines zulässigen Bereichs liegen und die Vorhersage der schlechtesten Werte der Kommuni-

kationsverzögerung und des Jitters nicht schwierig ist; und wobei die für die Steuerzeleinrichtung (20) entfernte Umgebung eine Umgebung ist, in der eine Kommunikationsverzögerung und Jitter, die bei der Kommunikation mit der Steuerzeleinrichtung (20) auftreten, außerhalb eines zulässigen Bereichs liegen und die Vorhersage der schlechtesten Werte der Kommunikationsverzögerung und des Jitters schwierig ist.

2. Steuerungssystem nach Anspruch 1, wobei die Ausführungssteuerungseinheit, wenn das Attribut des aktuellen Zustands der Zustandsmaschine das entfernte Steuerungsattribut ist, die entfernt liegende Vorrichtung veranlasst, den Ausgabewert-Erzeugungsprozess unter Verwendung eines Eingabewerts von der Steuerzeleinrichtung durchzuführen, und wenn das Attribut des aktuellen Zustands der Zustandsmaschine das lokale Steuerungsattribut ist, die lokale Vorrichtung veranlasst, den Ausgabewert-Erzeugungsprozess unter Verwendung des Eingabewerts von der Steuerzeleinrichtung durchzuführen.

3. Steuerungssystem nach Anspruch 1, wobei die entfernte Ausführungssteuerungseinheit, wenn der aktuelle Zustand der entfernt liegenden Zustandsmaschine das entfernte Steuerungsattribut ist, die lokale Ausführungssteuerungseinheit über einen an der entfernt liegenden Zustandsmaschine erzeugten Ausgabewert benachrichtigt, und die lokale Ausführungssteuerungseinheit, wenn das Attribut des aktuellen Zustands der lokalen Zustandsmaschine das entfernte Steuerungsattribut ist, den Ausgabewert, bezüglich dessen die Benachrichtigung von der entfernten Ausführungssteuerungseinheit bereitgestellt wird, an die Steuerzeleinrichtung überträgt, und wenn das Attribut des aktuellen Zustands der lokalen Zustandsmaschine das lokale Steuerungsattribut ist, einen an der lokalen Zustandsmaschine erzeugten Ausgabewert an die Steuerzeleinrichtung überträgt.

4. Steuerungssystem nach Anspruch 3, wobei die lokale Ausführungssteuerungseinheit wiederholt einen Eingabewert von der Steuerzeleinrichtung empfängt, und die entfernte Ausführungssteuerungseinheit über den empfangenen Eingabewert benachrichtigt, wenn sie den Eingabewert von der Steuerzeleinrichtung empfängt, wobei die entfernte Ausführungssteuerungseinheit, wenn das Attribut des aktuellen Zustands der entfernt liegenden Zustandsmaschine das entfernte Steuerungsattribut ist, die entfernt liegende Zustandsmaschine veranlasst, den Ausgabewert-Erzeugungsprozess unter Verwendung des Eingabewerts von der Steuerzeleinrichtung durchzuführen.

ren, und die lokale Ausführungssteuerungseinheit, wenn das Attribut des aktuellen Zustands der lokalen Zustandsmaschine das entfernte Steuerungsattribut ist, den Ausgabewert, bezüglich dessen die Benachrichtigung von der entfernten Ausführungssteuerungseinheit bereitgestellt wird, an die Steuerzieleinrichtung überträgt, und wenn das Attribut des aktuellen Zustands der lokalen Zustandsmaschine das lokale Steuerungsattribut ist, die lokale Zustandsmaschine veranlasst, den Ausgabewert-Erzeugungsprozess unter Verwendung des Eingabewerts von der Steuerzieleinrichtung durchzuführen, und den an der lokalen Zustandsmaschine erzeugten Ausgabewert an die Steuerzieleinrichtung überträgt.

5. Steuerungssystem nach Anspruch 4, wobei die entfernte Ausführungssteuerungseinheit, wenn das Attribut des aktuellen Zustands der entfernt liegenden Zustandsmaschine das entfernte Steuerungsattribut ist, die entfernt liegende Zustandsmaschine veranlasst, ein Zustandsübergangziel auf der Grundlage des Eingabewerts von der Steuerzieleinrichtung zu entscheiden, einen Zustand der entfernt liegenden Zustandsmaschine veranlasst, einen Übergang zu dem Zustandsübergangziel vorzunehmen, und die lokale Ausführungssteuerungseinheit über das Zustandsübergangziel benachrichtigt, und die lokale Ausführungssteuereinheit, wenn sie von der entfernten Ausführungssteuerungseinheit über das Zustandsübergangziel benachrichtigt wird, einen Zustand der lokalen Zustandsmaschine veranlasst, einen Übergang zu dem Zustandsübergangziel vorzunehmen, bezüglich dem von der entfernten Ausführungssteuerungseinheit eine Benachrichtigung bereitgestellt wird.

6. Steuerungssystem nach Anspruch 4, wobei die lokale Ausführungssteuerungseinheit, wenn das Attribut des aktuellen Zustands der lokalen Zustandsmaschine das lokale Steuerungsattribut ist, die lokale Zustandsmaschine veranlasst, ein Zustandsübergangziel auf der Grundlage des Eingabewerts von der Steuerzieleinrichtung zu entscheiden, einen Zustand der lokalen Zustandsmaschine veranlasst, einen Übergang zu dem Zustandsübergangziel vorzunehmen, und die entfernte Ausführungssteuerungseinheit über das Zustandsübergangziel benachrichtigt, und die entfernte Ausführungssteuerungseinheit, wenn sie von der lokalen Ausführungssteuerungseinheit über das Zustandsübergangziel benachrichtigt wird, einen Zustand der entfernt liegenden Zustandsmaschine veranlasst, einen Übergang zu dem Zustandsübergangziel zu vorzunehmen, bezüglich dem von der lokalen Ausführungssteuerungseinheit eine Benachrichtigung bereitgestellt wird.

7. Steuerungssystem nach Anspruch 1, wobei die entfernte Ausführungssteuerungseinheit ein Programm erzeugt, um die lokale Zustandsmaschine zu veranlassen, den Ausgabewert-Erzeugungsprozess als ein lokales Zustandsmaschinenprogramm auszuführen, und das erzeugte lokale Zustandsmaschinenprogramm an die lokale Ausführungssteuerungseinheit ausgibt, und die lokale Ausführungssteuerungseinheit das lokale Zustandsmaschinenprogramm bei der lokalen Zustandsmaschine festlegt.

8. Steuerungssystem nach Anspruch 4, wobei eine benötigte Antwortzeit für jeden Zustand der Vielzahl von Zuständen, die in der entfernt liegenden Zustandsmaschine enthalten sind, spezifiziert ist, wobei die benötigte Antwortzeit eine Zeit ist, die in der lokalen Vorrichtung vom Empfang des Eingabewerts von der Steuerzieleinrichtung bis zur Übertragung des Ausgabewerts an die Steuerzieleinrichtung benötigt wird, und die entfernte Ausführungssteuerungseinheit Attribute einer vorbestimmten Anzahl von Zuständen aus der Vielzahl von Zuständen als die lokalen Steuerungsattribute in der Reihenfolge festlegt, in der die benötigte Antwortzeit kürzer ist, und legt Attribute der übrigen Zustände aus der Vielzahl von Zuständen als die entfernten Steuerungsattribute fest.

9. Steuerungssystem nach Anspruch 4, wobei eine benötigte Antwortzeit für jeden Zustand der Vielzahl von Zuständen, die in der entfernt liegenden Zustandsmaschine enthalten sind, spezifiziert ist, wobei die benötigte Antwortzeit eine Zeit ist, die in der lokalen Vorrichtung vom Empfang des Eingabewerts von der Steuerzieleinrichtung bis zur Übertragung des Ausgabewerts an die Steuerzieleinrichtung benötigt wird, und die entfernte Ausführungssteuerungseinheit ein Attribut eines Zustands aus der Vielzahl von Zuständen als das lokale Steuerungsattribut festlegt, wobei für diesen Zustand vorhergesagt wird, dass die benötigte Antwortzeit nicht erfüllt ist auf Grundlage der Kommunikationsqualität einer Kommunikationsleitung, die zu verwenden ist, wenn die entfernt liegende Vorrichtung mit der lokalen Vorrichtung kommuniziert, und Attribute der übrigen Zustände aus der Vielzahl von Zuständen als die entfernten Steuerungsattribute festlegt.

10. Steuerungssystem nach Anspruch 1, wobei die lokale Vorrichtung mit der entfernt liegenden Vorrichtung über eine Kommunikationsleitung verbunden ist, für die eine Vorhersage einer Kommunikationsverzögerung und Jitter schwierig ist, und mit der Steuerzieleinrichtung über eine Kommunikationsleitung verbunden ist, bei der die Vorhersage

einer Kommunikationsverzögerung und Jitter nicht schwierig ist.

11. Steuerungssystem nach Anspruch 4, wobei die lokale Ausführungssteuerungseinheit den Eingabewert von der Steuerzeleinrichtung von einer mit der Steuerzeleinrichtung verbundenen Eingabe-/Ausgabevorrichtung empfängt.

12. Steuerungsverfahren, das eine Zustandsmaschine (13, 32) verwendet, die einen Zustandsübergang zwischen einer Vielzahl von Zuständen ausführt, die jeweils entweder mit einem entfernten Steuerungsattribut oder einem lokalen Steuerungsattribut als ein Attribut festgelegt sind; wobei das Steuerungsverfahren umfasst:

einen Prozess, bei dem eine entfernt liegende Vorrichtung (30) veranlasst wird, in einer für eine Steuerzeleinrichtung (20) entfernten Umgebung einen Ausgabewert-Erzeugungsprozess des Erzeugens eines Ausgabewerts an die Steuerzeleinrichtung durchzuführen, wenn das Attribut eines aktuellen Zustands der Zustandsmaschine das entfernte Steuerungsattribut ist, und

Veranlassen einer lokalen Vorrichtung (10) in einer für die Steuerzeleinrichtung lokalen Umgebung den Ausgabewert-Erzeugungsprozess durchzuführen, wenn das Attribut des aktuellen Zustands der Zustandsmaschine das lokale Steuerungsattribut ist, wobei

die Zustandsmaschine eine entfernt liegende Zustandsmaschine (32), die bei der entfernt liegenden Vorrichtung verwaltet wird, und eine lokale Zustandsmaschine (13), die bei der lokalen Vorrichtung verwaltet wird, enthält,

wobei die entfernt liegende Zustandsmaschine einen Zustandsübergang zwischen der Vielzahl von Zuständen ausführt, die jeweils entweder mit dem entfernten Steuerungsattribut oder dem lokalen Steuerungsattribut als das Attribut festgelegt sind, wobei die lokale Zustandsmaschine eine Vielzahl von Zuständen enthält, die mit der Vielzahl von Zuständen identisch sind, die in der entfernt liegenden Zustandsmaschine enthalten sind, und einen Zustandsübergang synchron mit der entfernt liegenden Zustandsmaschine ausführt, wobei ein Attribut, das mit demjenigen eines korrespondierenden Zustands der entfernt liegenden Zustandsmaschine identisch ist, für jeden Zustand festgelegt wird,

der Prozess die entfernt liegende Zustandsmaschine veranlasst, den Ausgabewert-Erzeugungsprozess auszuführen, wenn das Attribut des aktuellen Zustands der entfernt liegenden Zustandsmaschine das entfernt liegende Steuerungsattribut ist, und

der Prozess die lokale Zustandsmaschine veranlasst, den Ausgabewert-Erzeugungsprozess auszuführen, wenn das Attribut des aktuellen Zustands der lokalen Zustandsmaschine das lokale Steuerungsattribut ist;

wobei die lokale Vorrichtung ein Gateway ist, das mit der entfernt liegenden Vorrichtung und einer mit der Steuerzeleinrichtung verbundenen Eingabe-/Ausgabevorrichtung verbunden ist und die Kommunikation zwischen der Eingabe-/Ausgabevorrichtung und der entfernt liegenden Vorrichtung weiterleitet;

wobei die für die Steuerzeleinrichtung (20) lokale Umgebung eine Umgebung ist, in der eine Kommunikationsverzögerung und Jitter, die bei der Kommunikation mit der Steuerzeleinrichtung (20) auftreten, innerhalb eines zulässigen Bereichs liegen und die Vorhersage der schlechtesten Werte der Kommunikationsverzögerung und des Jitters nicht schwierig ist; und

wobei die für die Steuerzeleinrichtung (20) entfernte Umgebung eine Umgebung ist, in der eine Kommunikationsverzögerung und Jitter, die bei der Kommunikation mit der Steuerzeleinrichtung (20) auftreten, außerhalb eines zulässigen Bereichs liegen und die Vorhersage der schlechtesten Werte der Kommunikationsverzögerung und des Jitters schwierig ist.

13. Steuerungsprogramm, das eine Zustandsmaschine (13, 32) verwendet, die einen Zustandsübergang zwischen einer Vielzahl von Zuständen ausführt, die jeweils entweder mit einem entfernten Steuerungsattribut oder einem lokalen Steuerungsattribut als ein Attribut festgelegt sind; wobei das Steuerungsverfahren umfasst:

einen Prozess des Veranlassens einer entfernt liegenden Vorrichtung (30) in einer für eine Steuerzeleinrichtung (20) entfernten Umgebung, einen Ausgabewert-Erzeugungsprozess zum Erzeugen eines Ausgabewerts an die Steuerzeleinrichtung durchzuführen, wenn das Attribut eines aktuellen Zustands der Zustandsmaschine das entfernte Steuerungsattribut ist, und des Veranlassens einer lokalen Vorrichtung (10) in einer für die Steuerzeleinrichtung lokalen Umgebung, den Ausgabewert-Erzeugungsprozess durchzuführen, wenn das Attribut des aktuellen Zustands der Zustandsmaschine das lokale Steuerungsattribut ist, wobei

die Zustandsmaschine eine entfernt liegende Zustandsmaschine (32), die bei der entfernt liegenden Vorrichtung verwaltet wird, und eine lokale Zustandsmaschine (13), die bei der lokalen Vorrichtung verwaltet wird, enthält,

wobei die entfernt liegende Zustandsmaschine einen Zustandsübergang zwischen der Vielzahl von Zuständen ausführt, die jeweils entweder mit dem entfernten Steuerungsattribut oder dem lokalen Steuerungsattribut als das Attribut festgelegt sind, wobei die lokale Zustandsmaschine eine Vielzahl von Zuständen enthält, die mit der Vielzahl von Zuständen identisch sind, die in der entfernt liegenden Zustandsmaschine enthalten sind, und einen Zustandsübergang synchron mit der entfernt liegenden Zustandsmaschine durchführt, wobei ein Attribut, das mit demjenigen eines korrespondierenden

Zustands der entfernt liegenden Zustandsmaschine identisch ist, für jeden Zustand festgelegt wird, der Prozess die entfernt liegende Zustandsmaschine veranlasst, den Ausgabewert-Erzeugungsprozess auszuführen, wenn das Attribut des aktuellen Zustands der entfernt liegenden Zustandsmaschine das entfernt liegende Steuerungsattribut ist, und

der Prozess die lokale Zustandsmaschine veranlasst, den Ausgabewert-Erzeugungsprozess auszuführen, wenn das Attribut des aktuellen Zustands der lokalen Zustandsmaschine das lokale Steuerungsattribut ist;

wobei die lokale Vorrichtung ein Gateway ist, das mit der entfernt liegenden Vorrichtung und einer mit der Steuerzeleinrichtung verbundenen Eingabe-/Ausgabevorrichtung verbunden ist und die Kommunikation zwischen der Eingabe-/Ausgabevorrichtung und der entfernt liegenden Vorrichtung weiterleitet;

wobei die für die Steuerzeleinrichtung (20) lokale Umgebung eine Umgebung ist, in der eine Kommunikationsverzögerung und Jitter, die bei der Kommunikation mit der Steuerzeleinrichtung (20) auftreten, innerhalb eines zulässigen Bereichs liegen und die Vorhersage der schlechtesten Werte der Kommunikationsverzögerung und des Jitters nicht schwierig ist; und

wobei die für die Steuerzeleinrichtung (20) entfernte Umgebung eine Umgebung ist, in der eine Kommunikationsverzögerung und Jitter, die bei der Kommunikation mit der Steuerzeleinrichtung (20) auftreten, außerhalb eines zulässigen Bereichs liegen und die Vorhersage der schlechtesten Werte der Kommunikationsverzögerung und des Jitters schwierig ist.

Es folgen 24 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

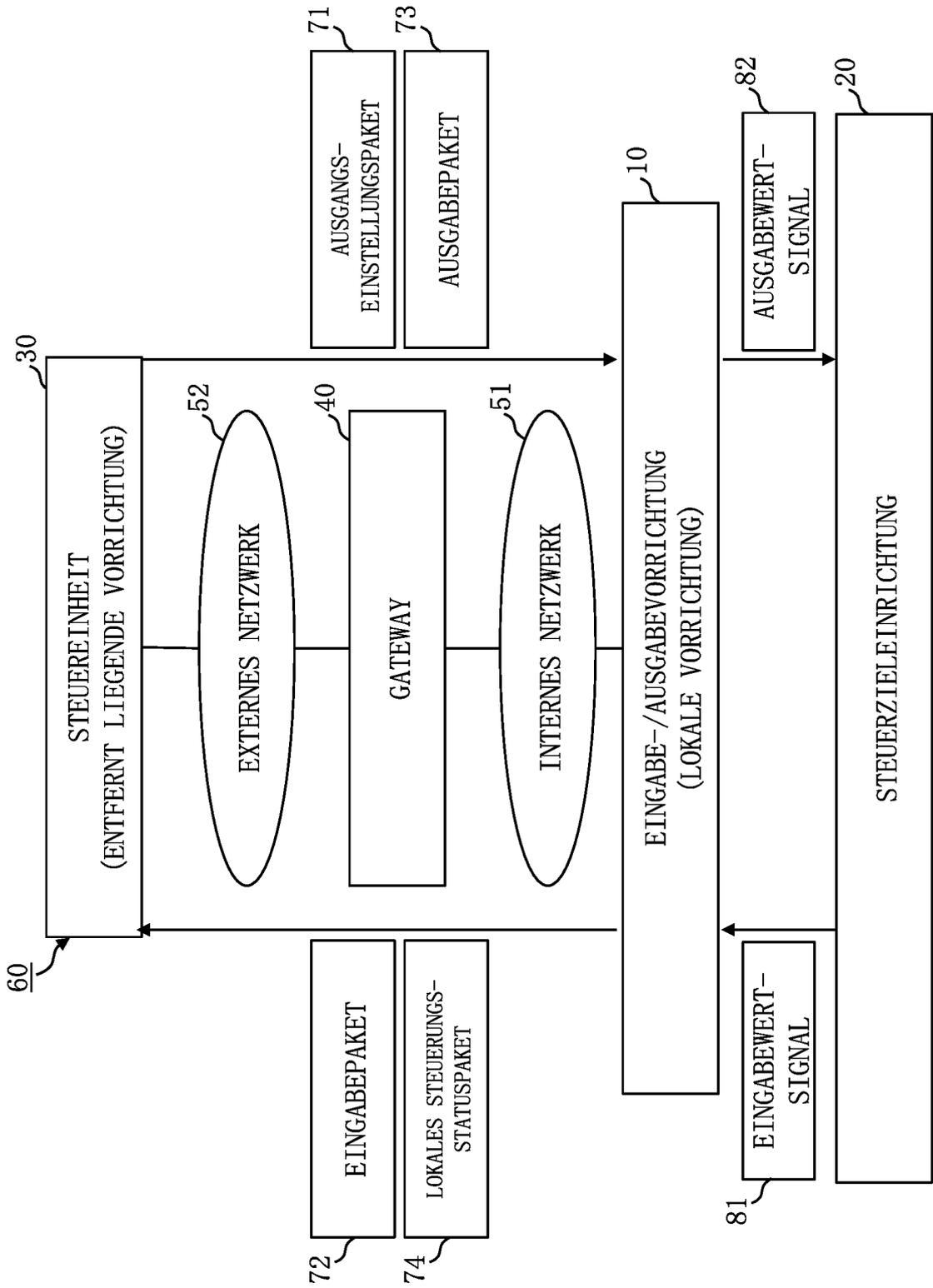


Fig. 2

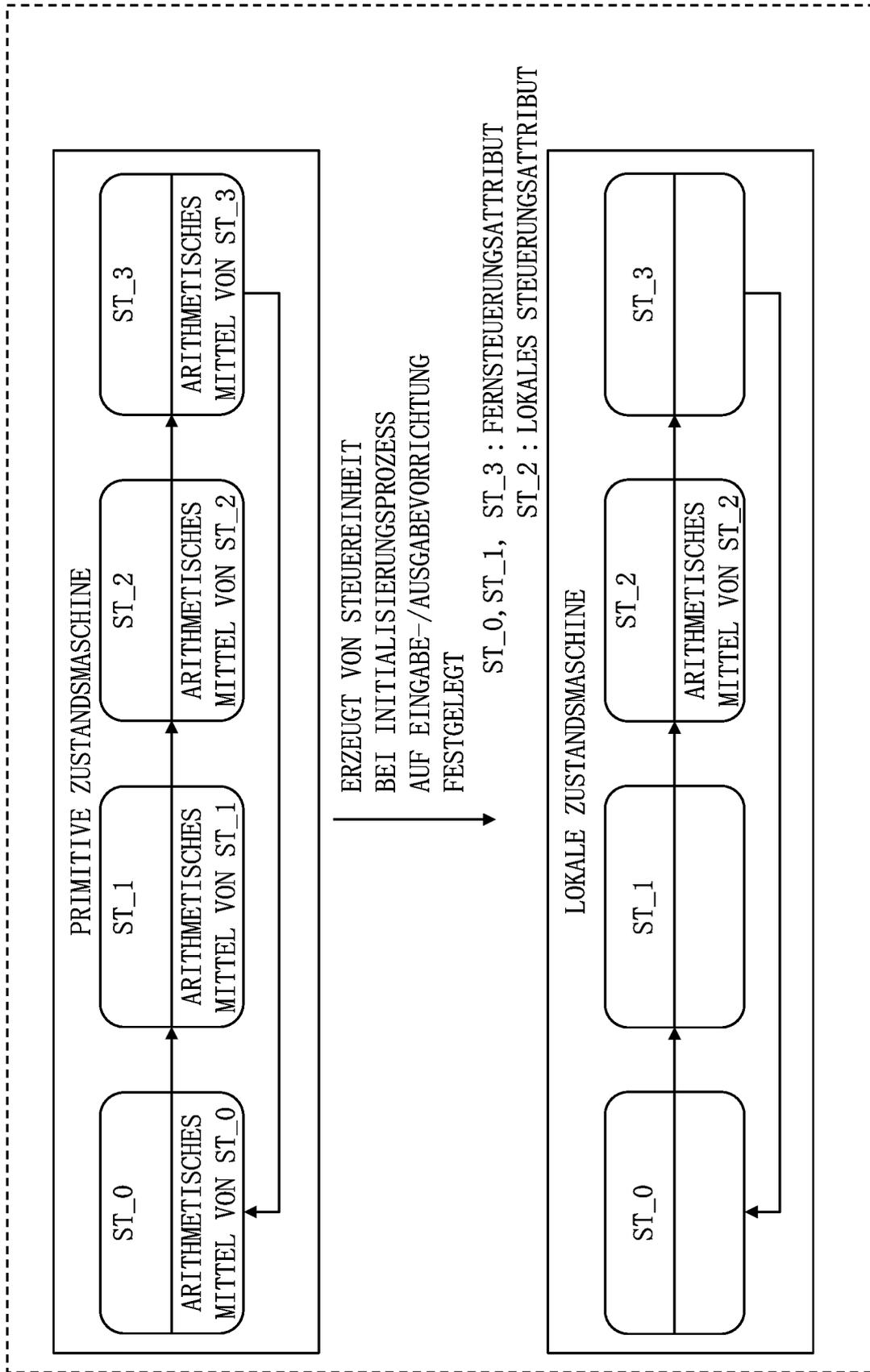


Fig. 3

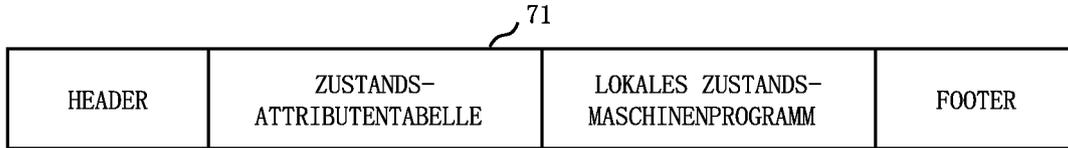


Fig. 4

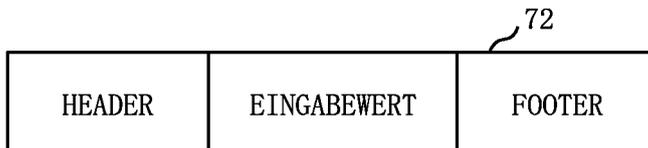


Fig. 5



Fig. 6

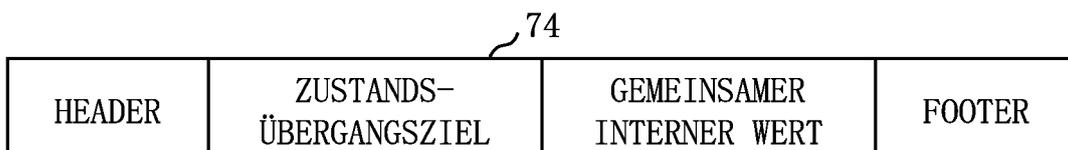


Fig. 7

16, 35

ZUSTAND	ATTRIBUT
ST_0	FERNSTEUERUNGSATTRIBUT
ST_1	FERNSTEUERUNGSATTRIBUT
ST_2	LOKALES STEUERUNGSATTRIBUT
ST_3	FERNSTEUERUNGSATTRIBUT

Fig. 8

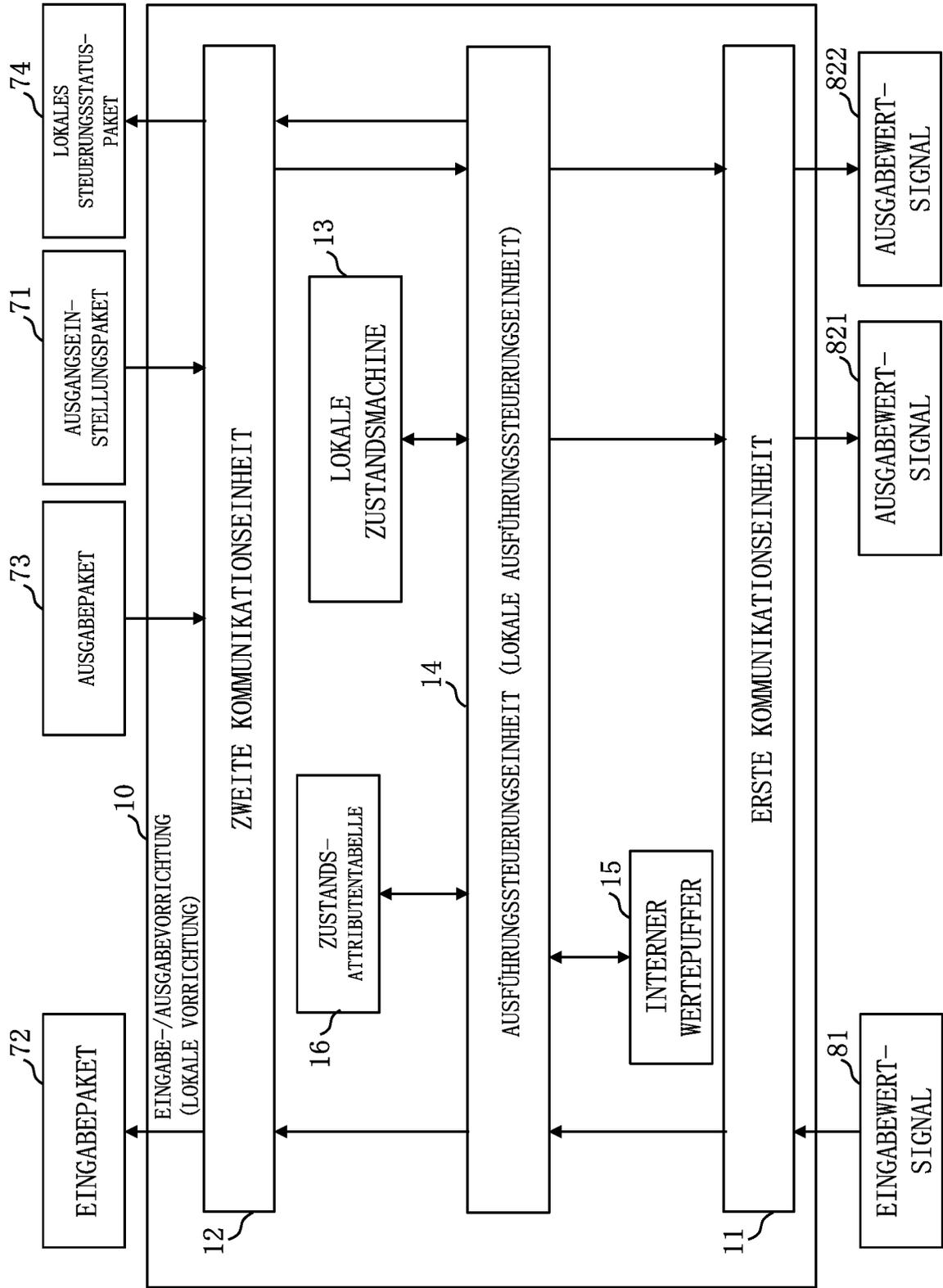


Fig. 9

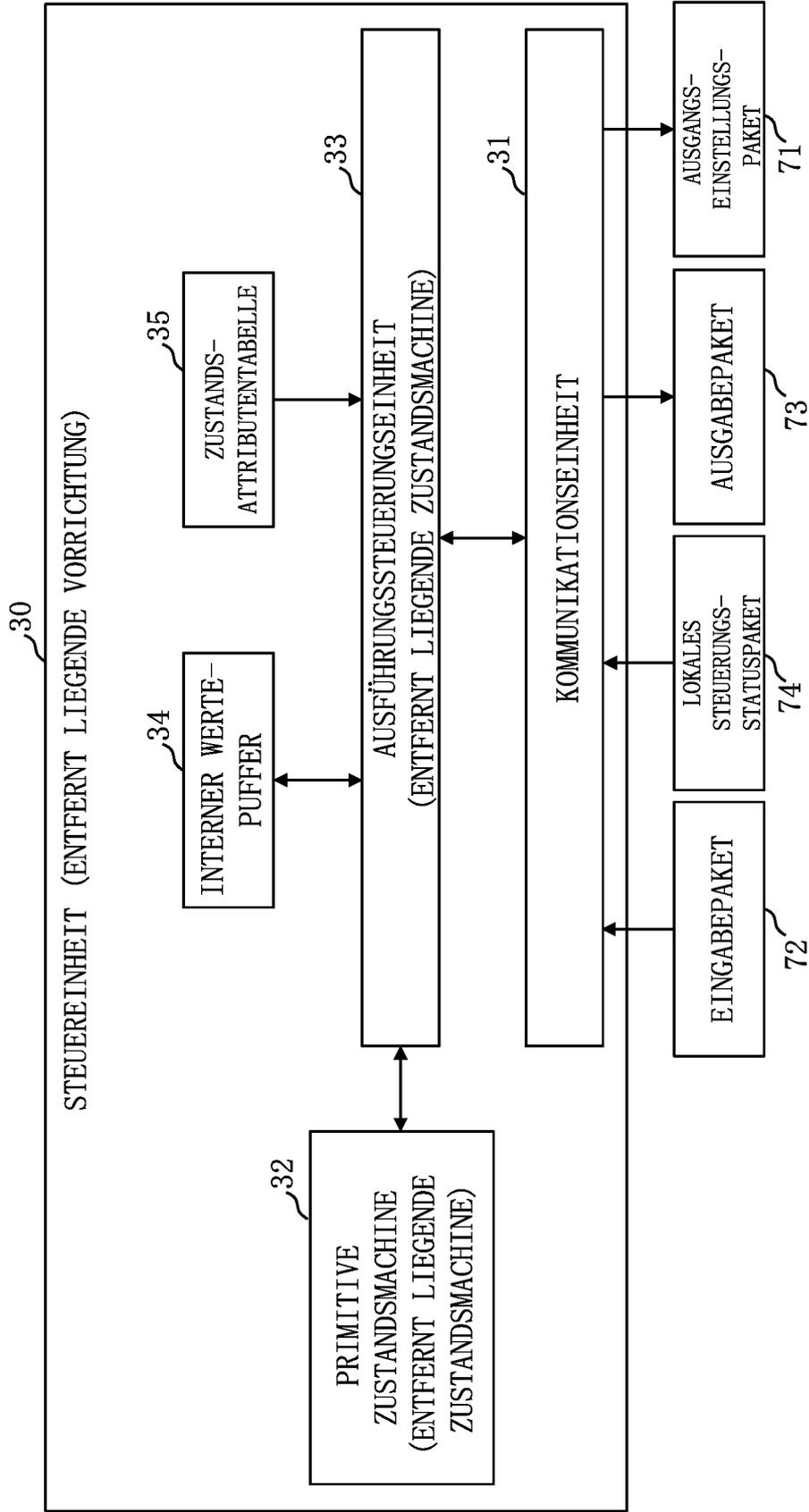


Fig. 10

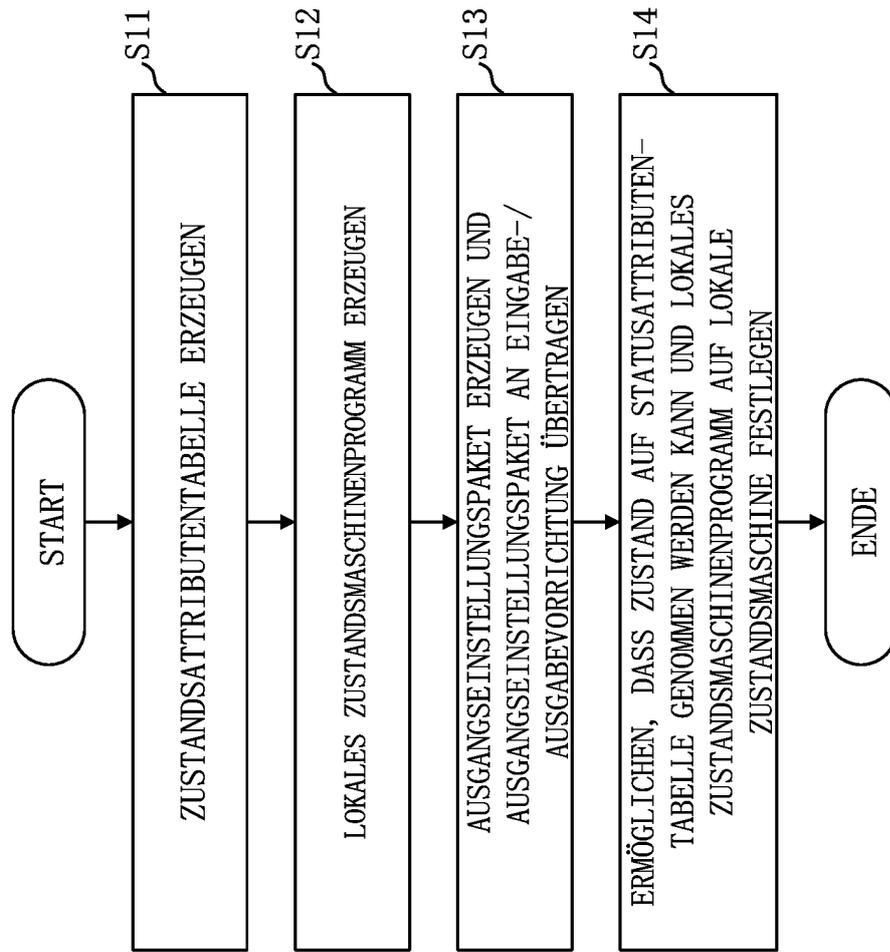


Fig. 11

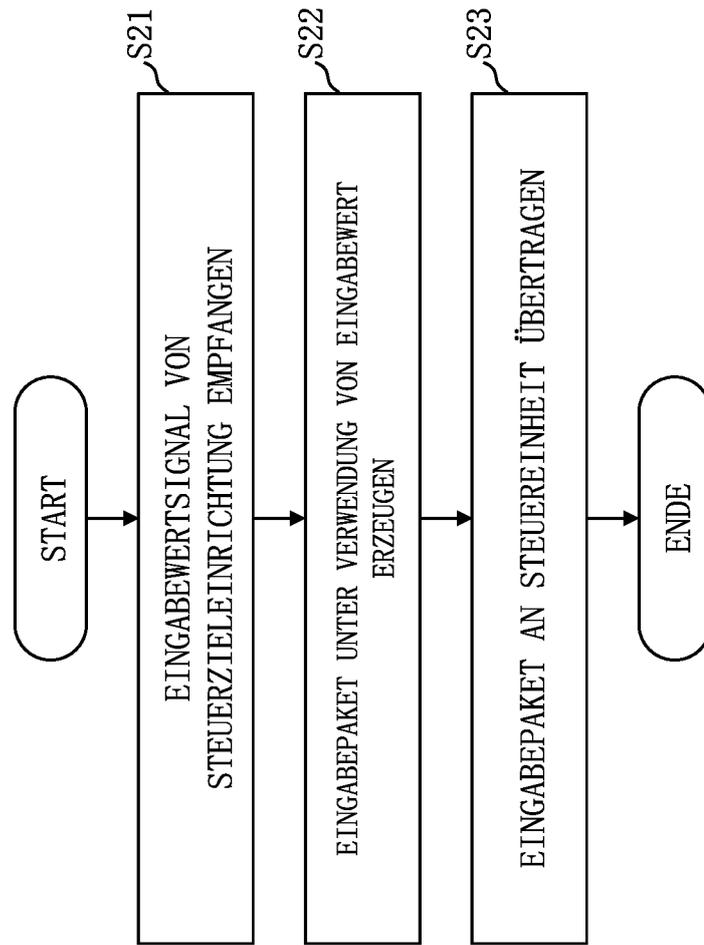


Fig. 12

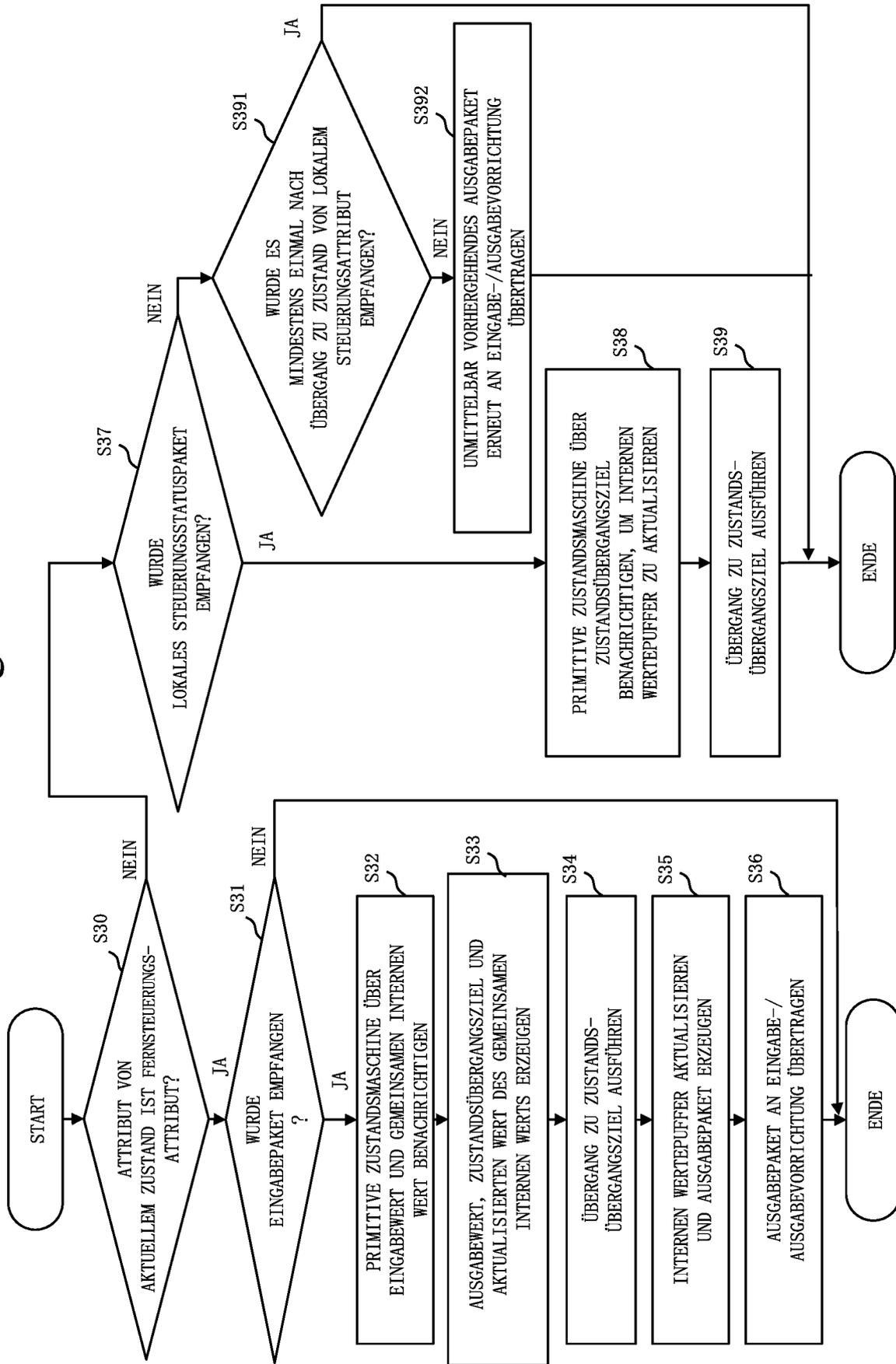


Fig. 13

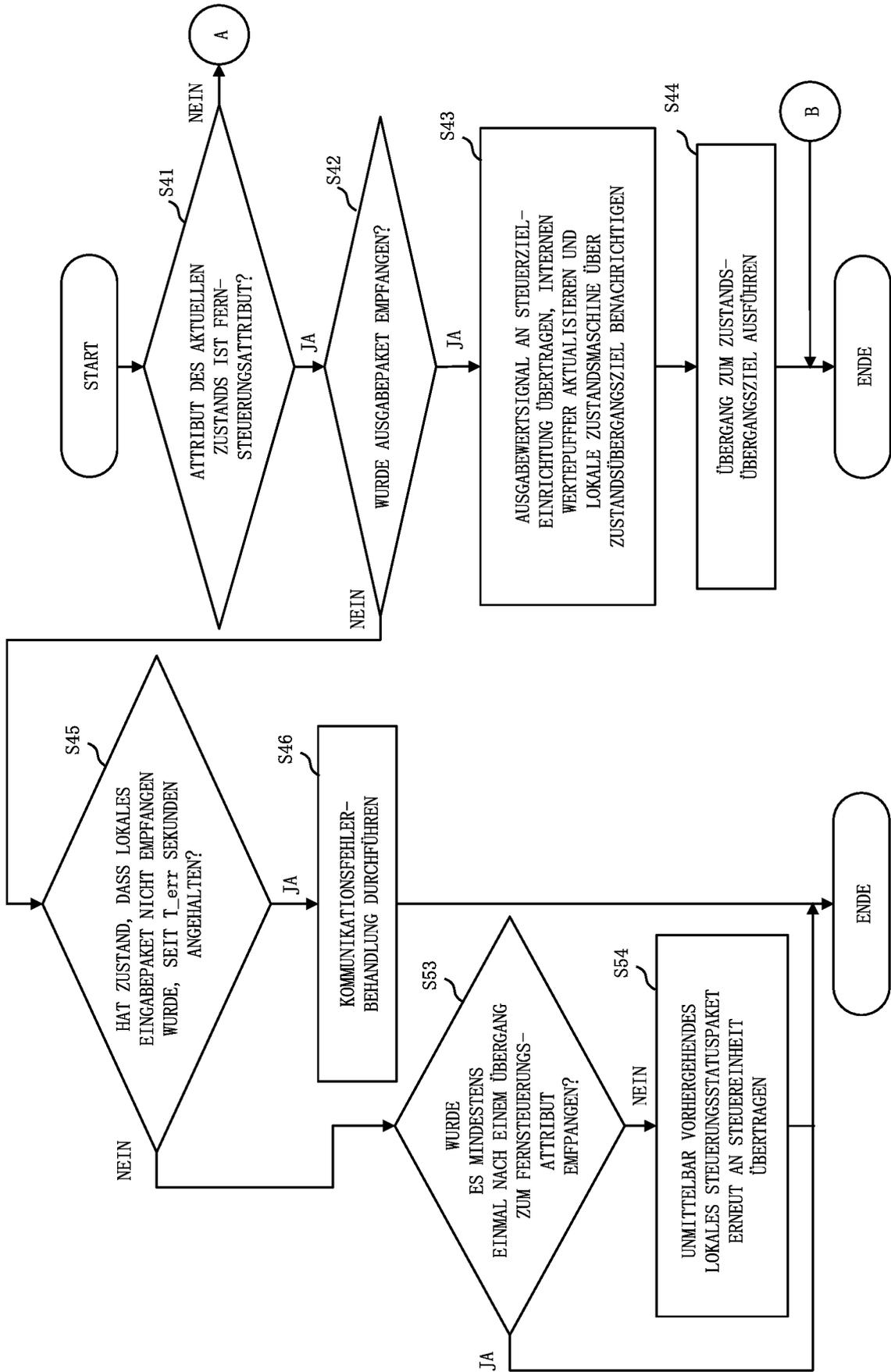


Fig. 14

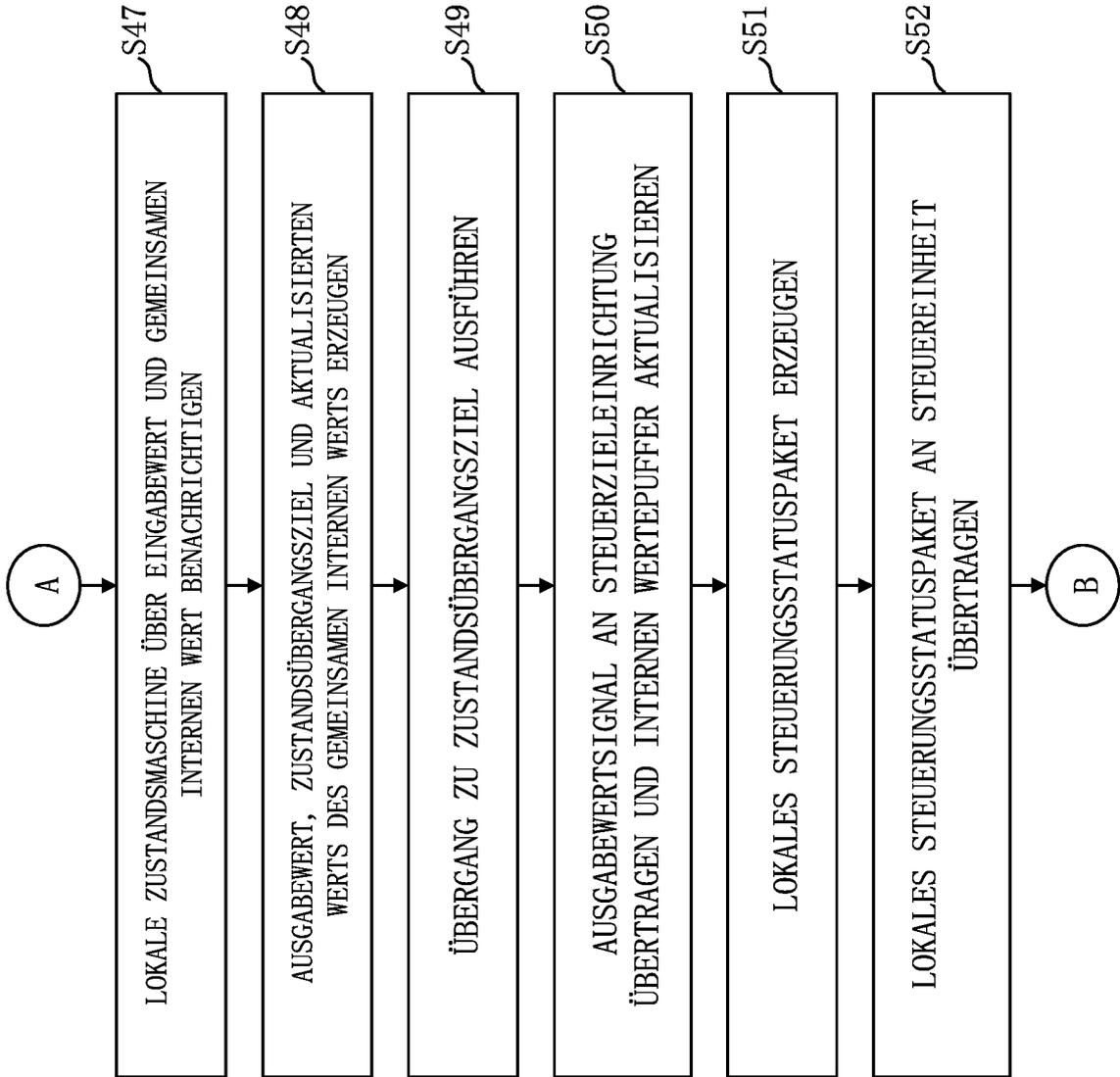


Fig. 15

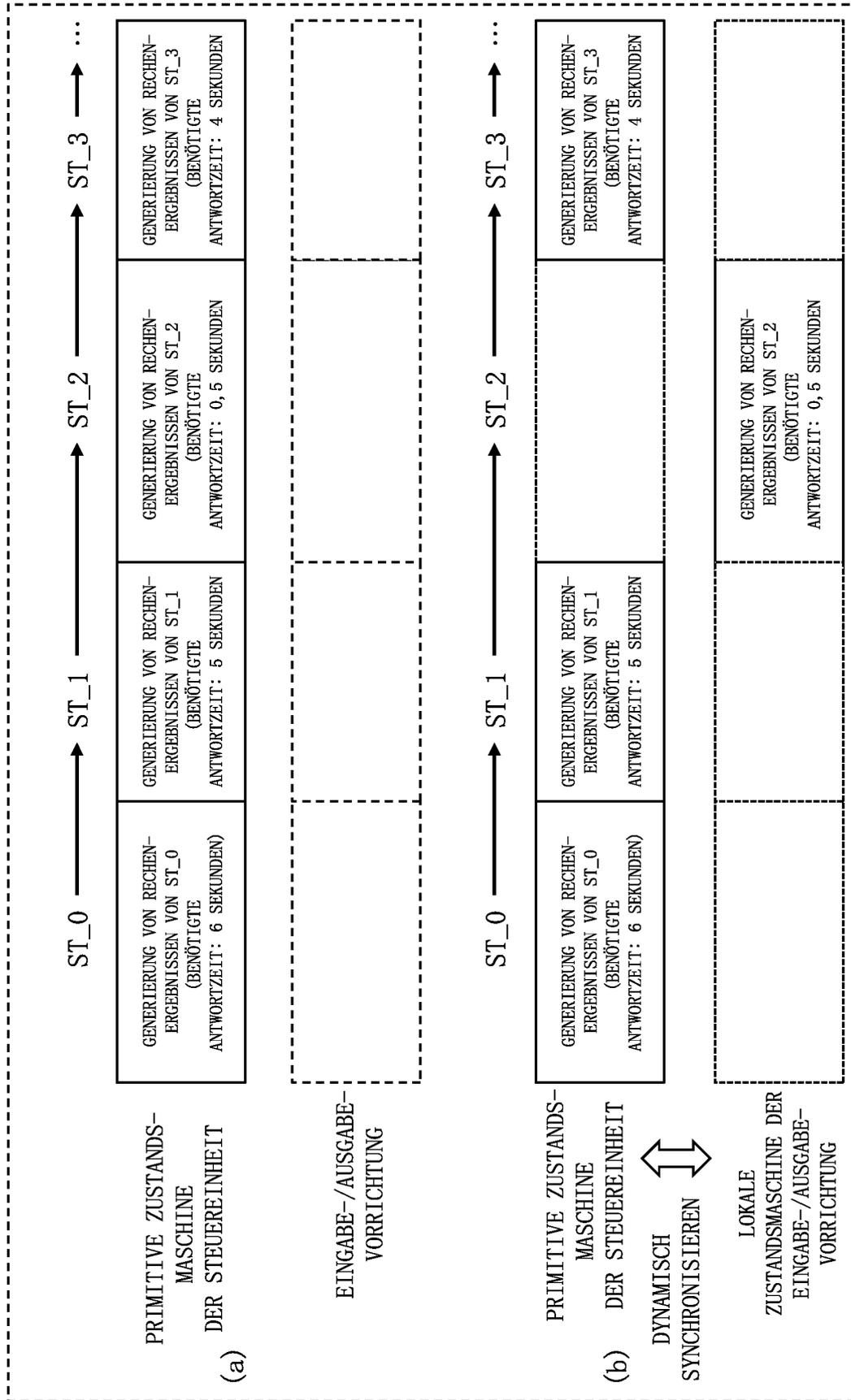


Fig. 16

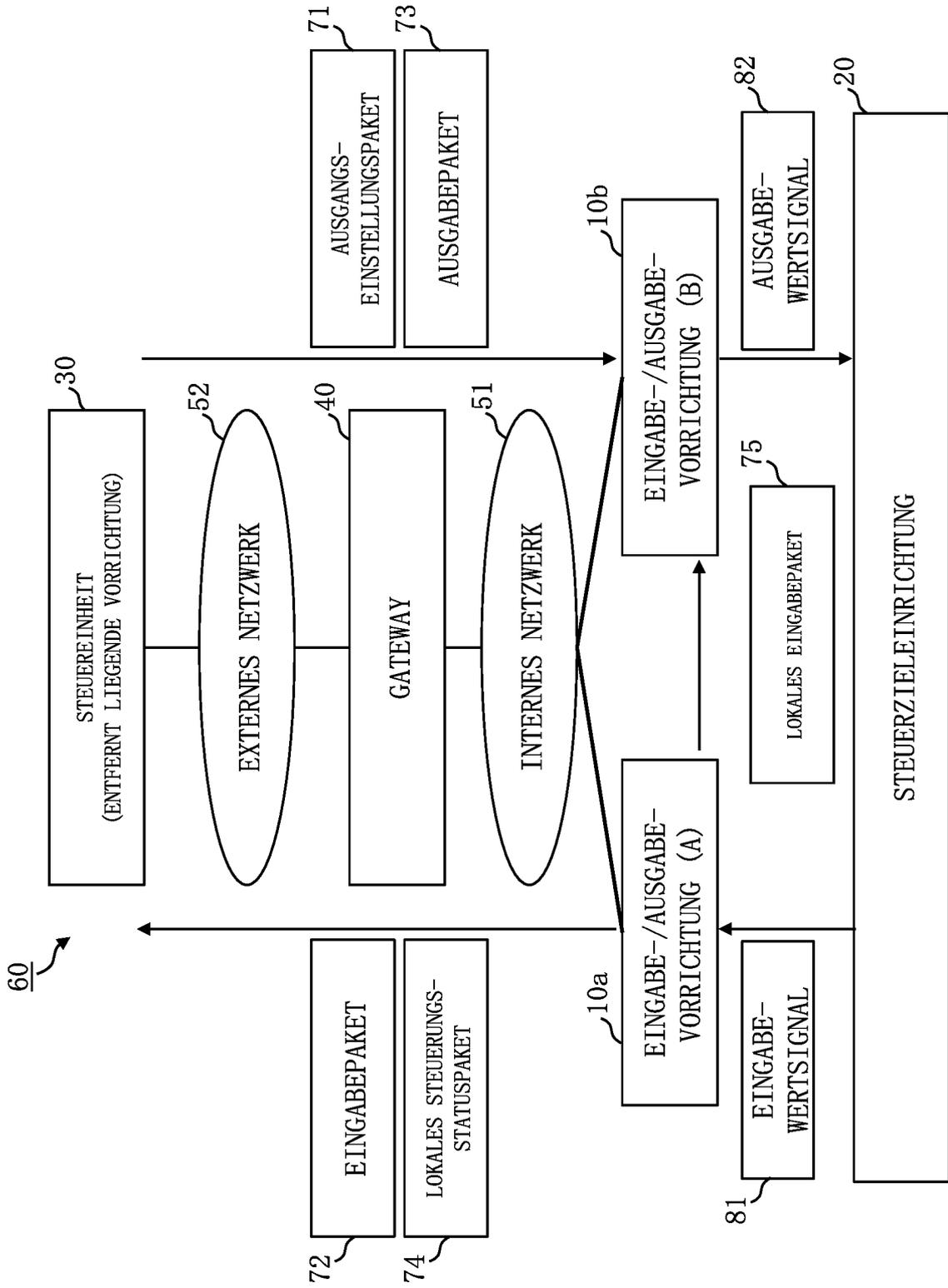


Fig. 17

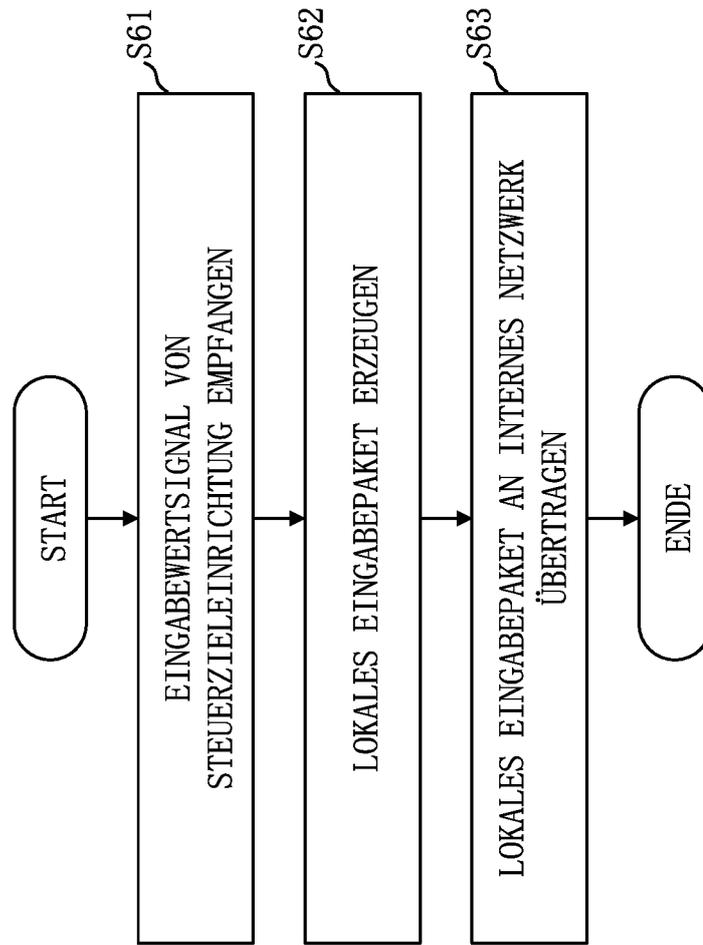


Fig. 18

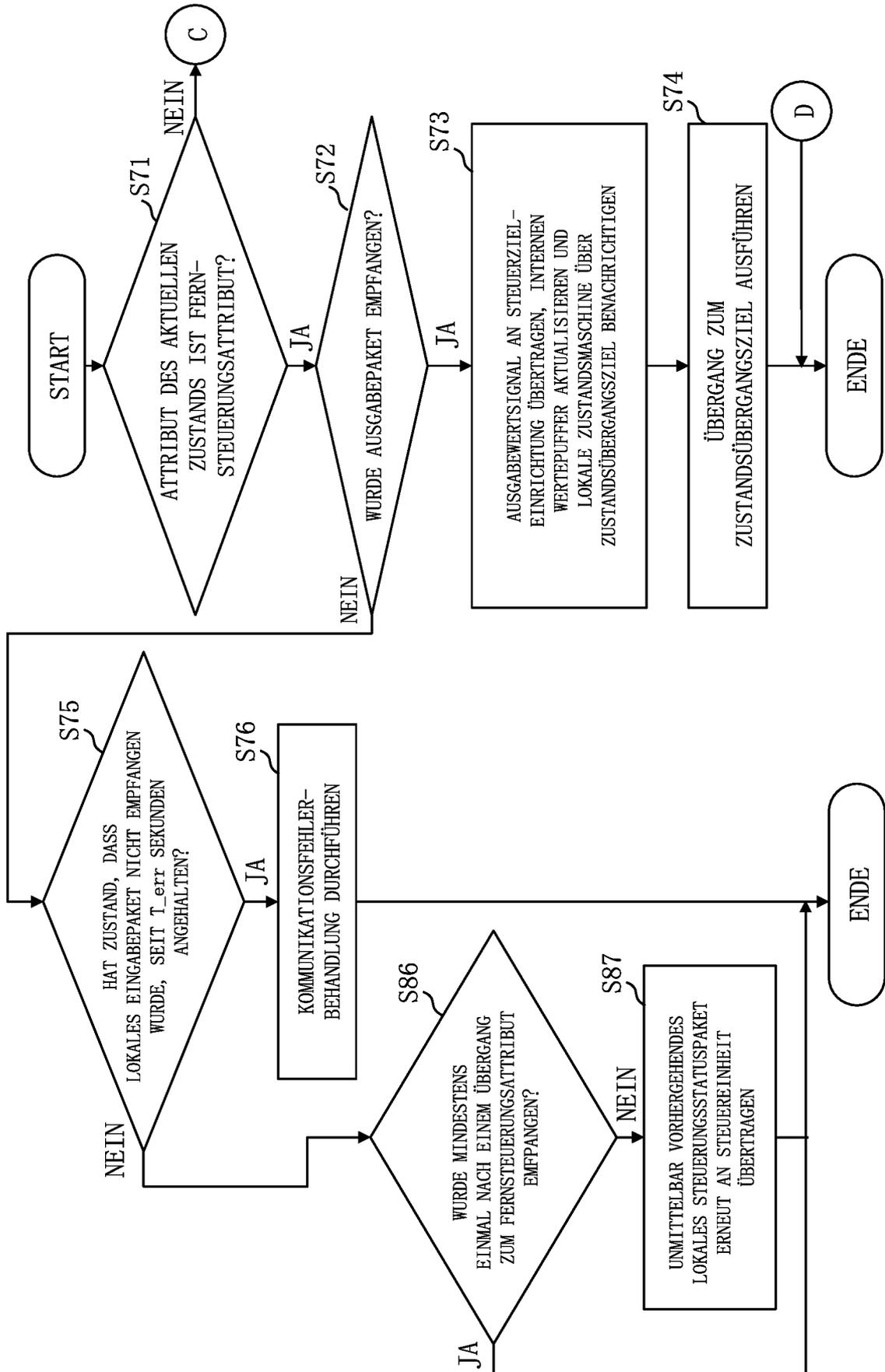


Fig. 19

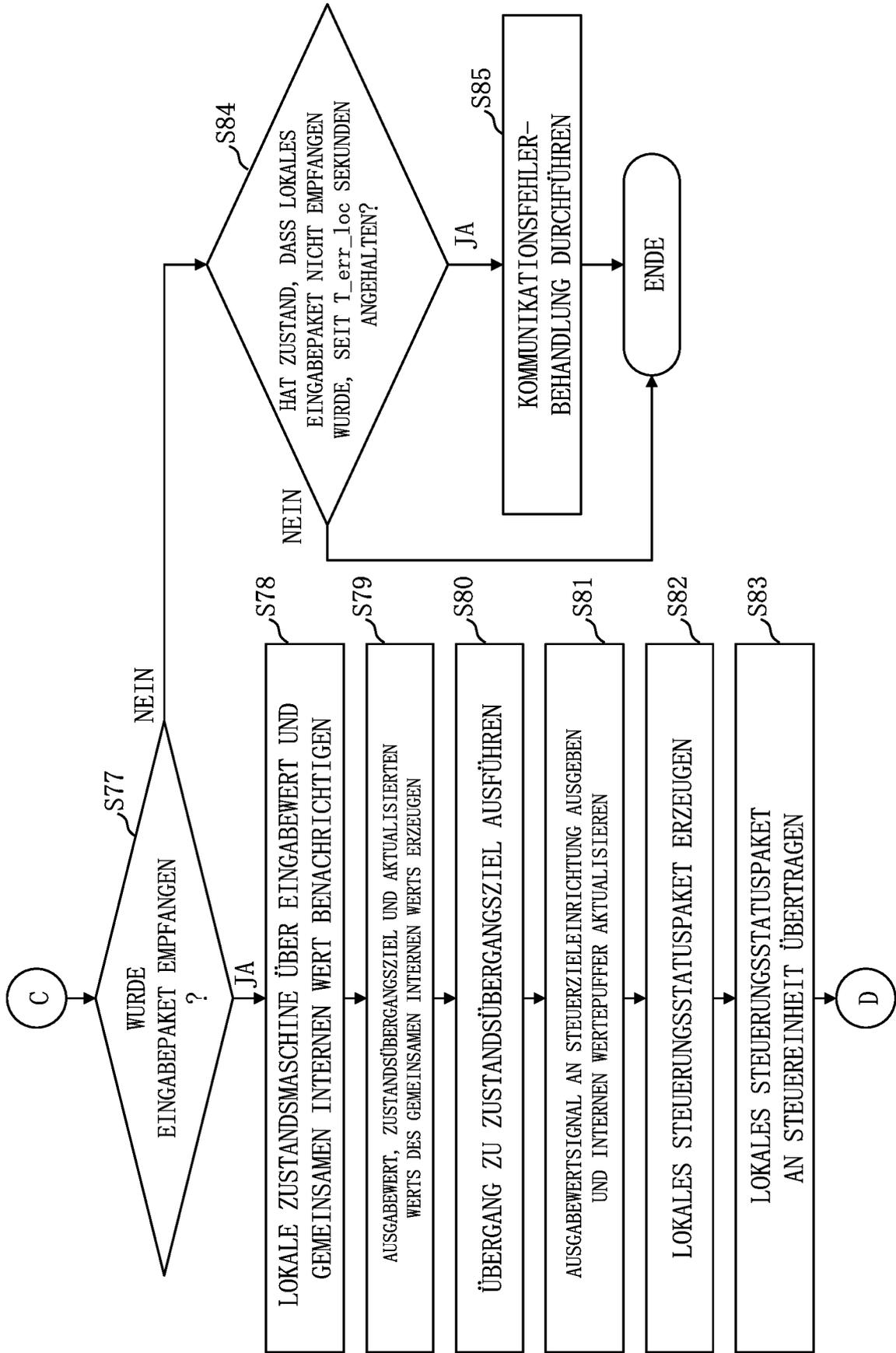


Fig. 20

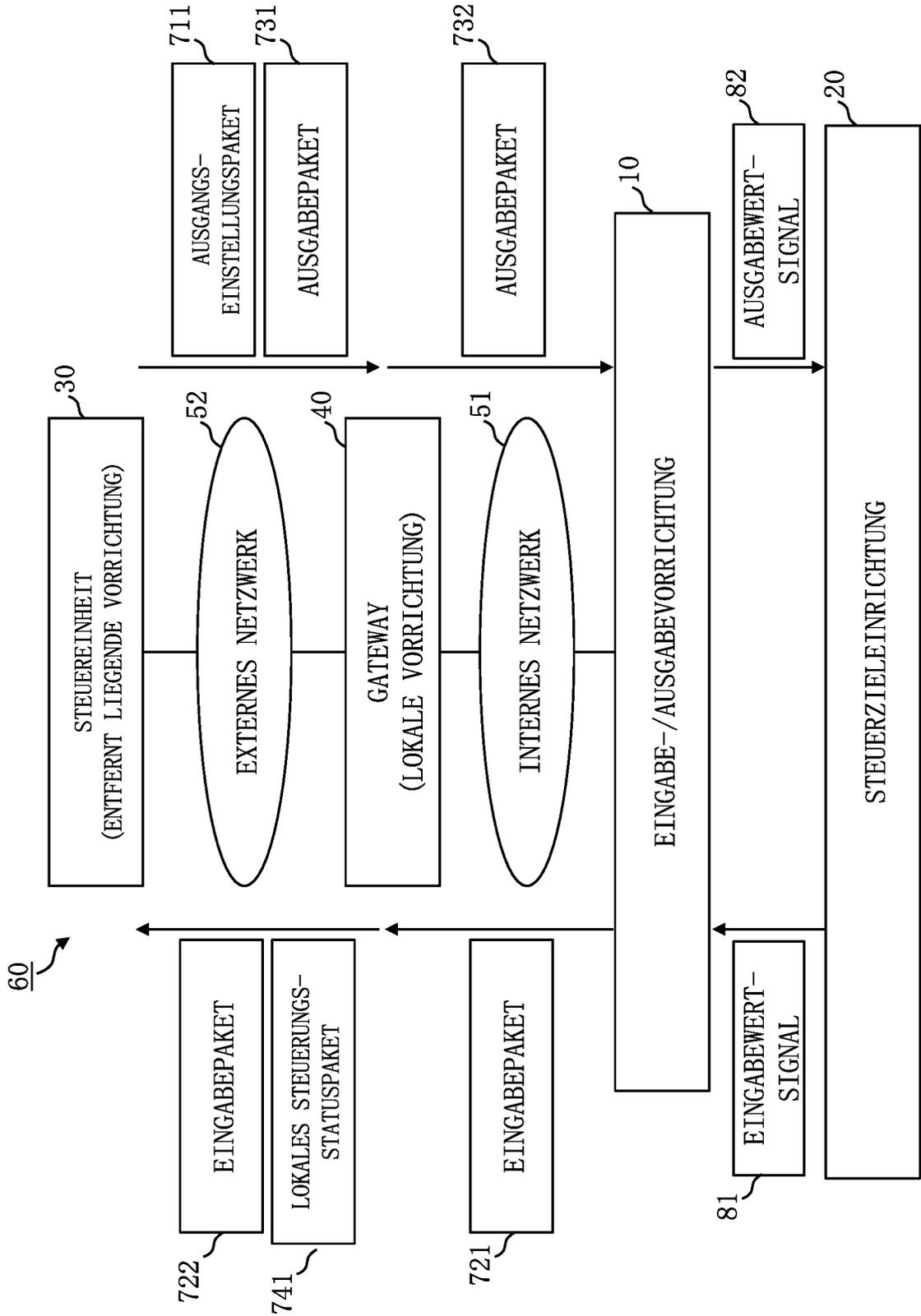


Fig. 21

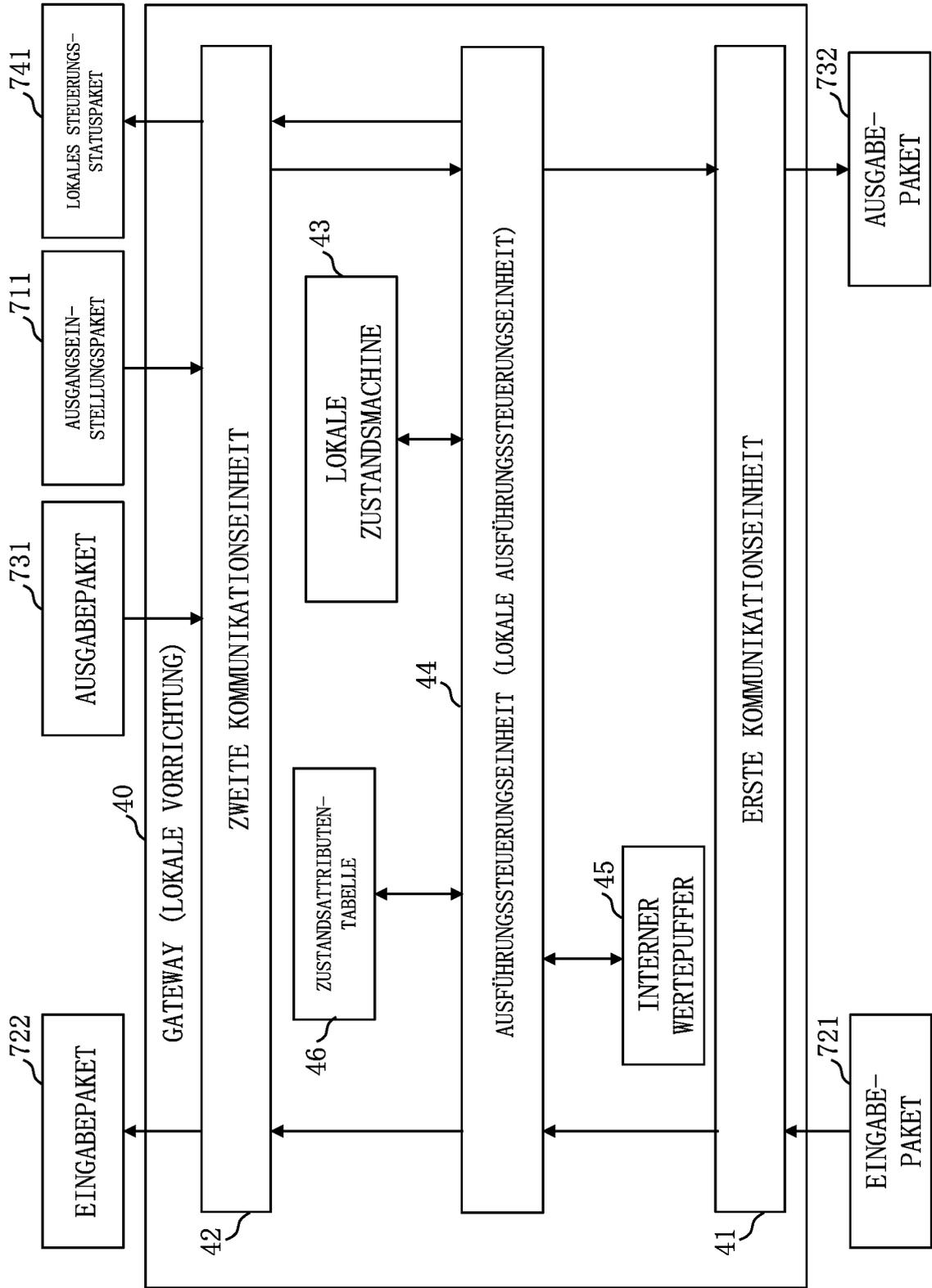


Fig. 22

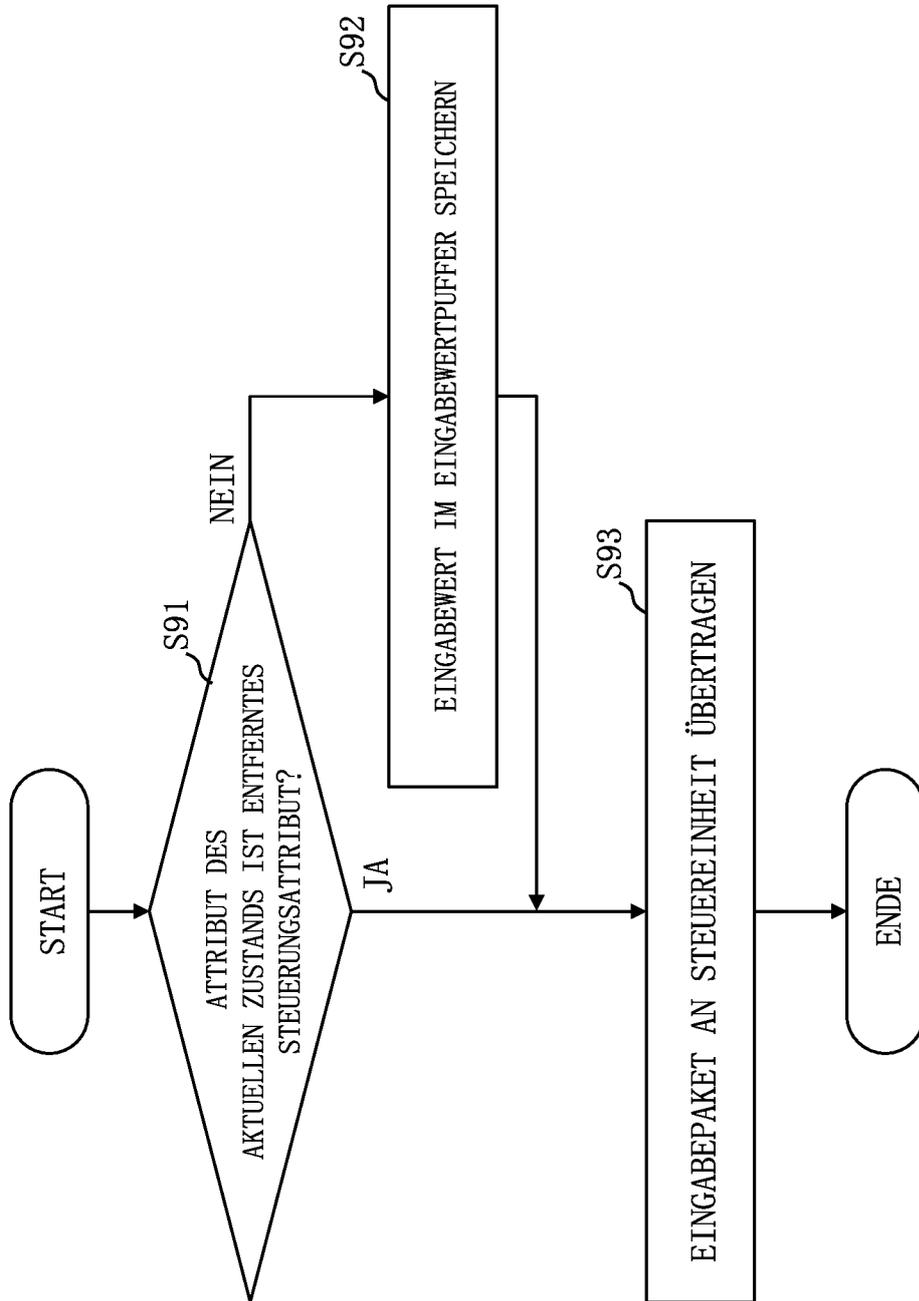


Fig. 23

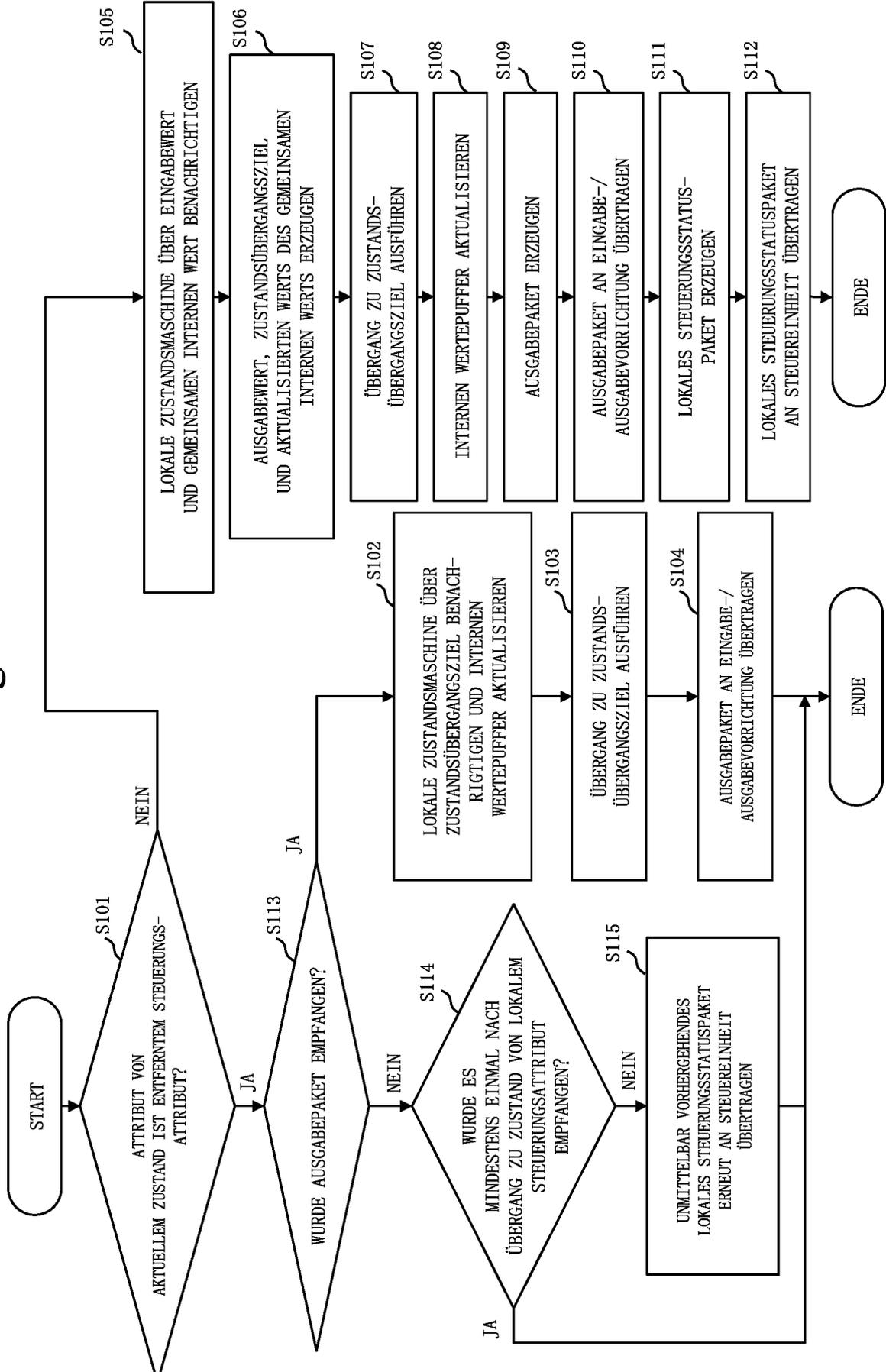


Fig. 24

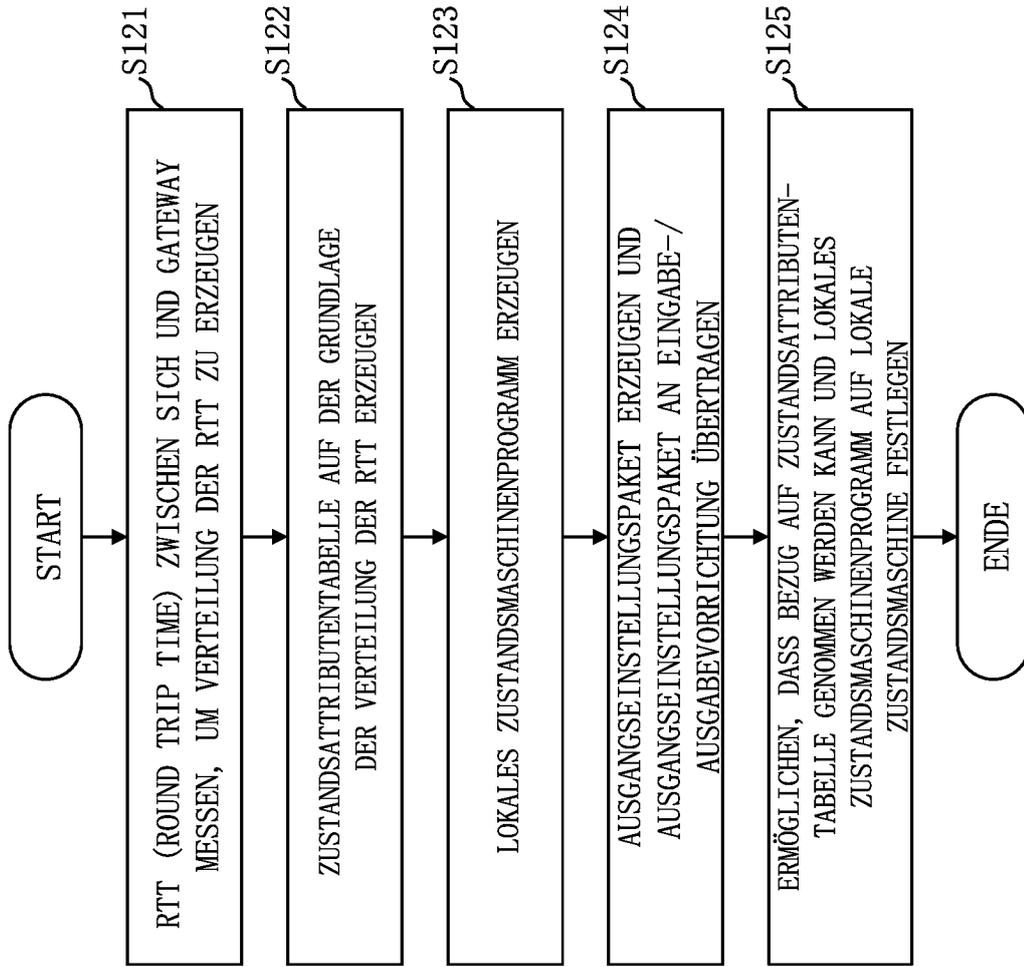


Fig. 25

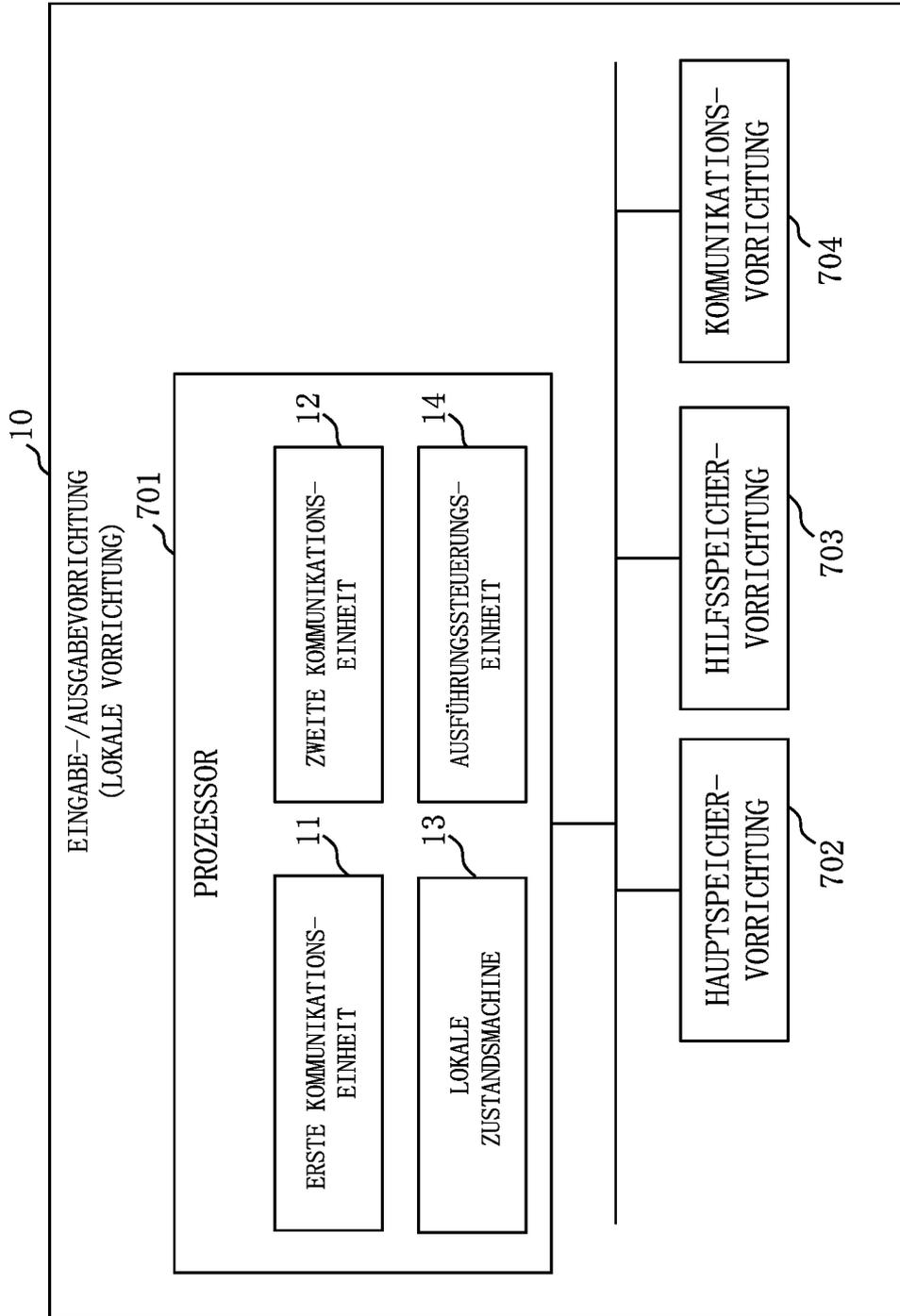


Fig. 26

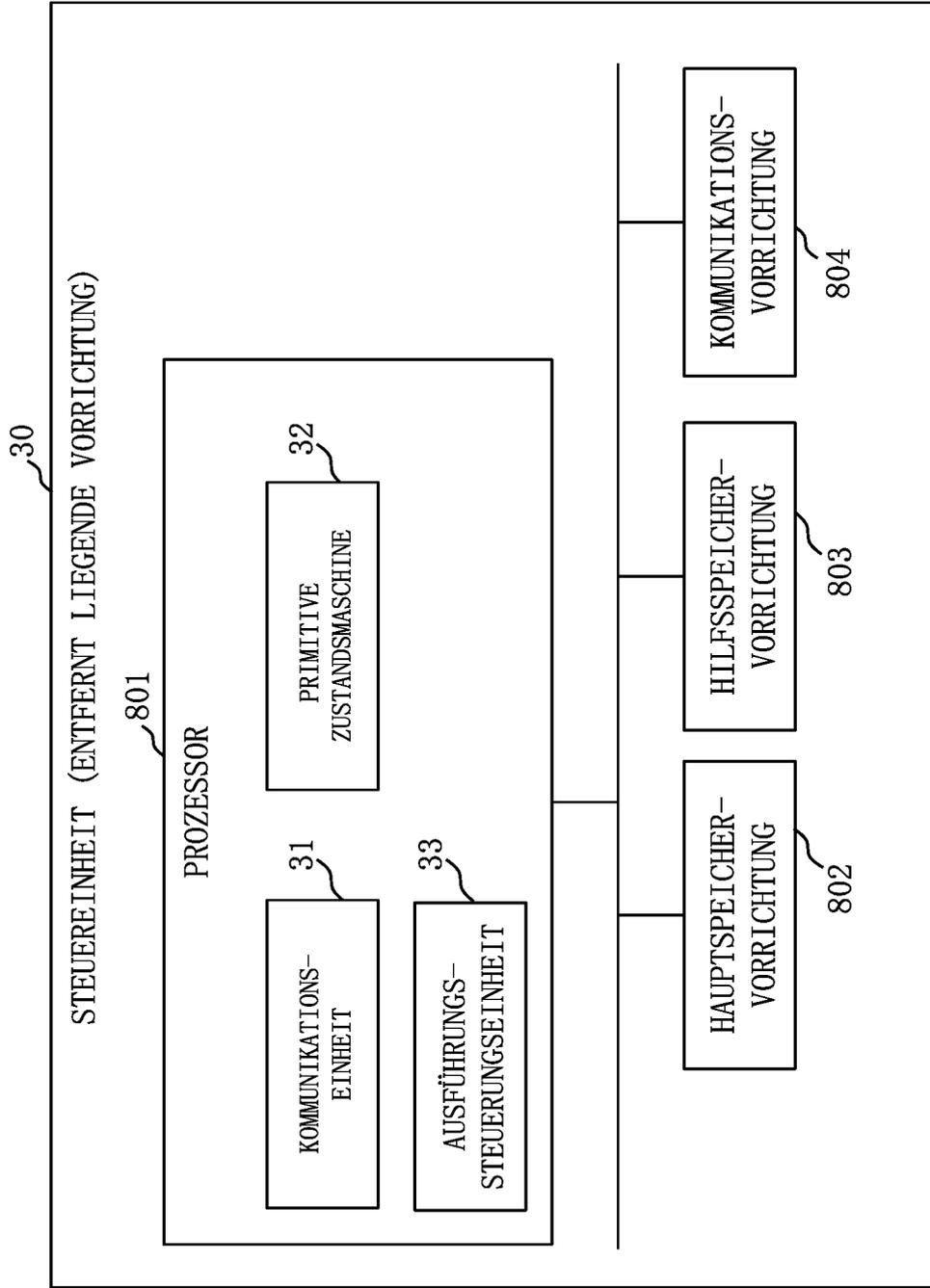


Fig. 27

