

TU

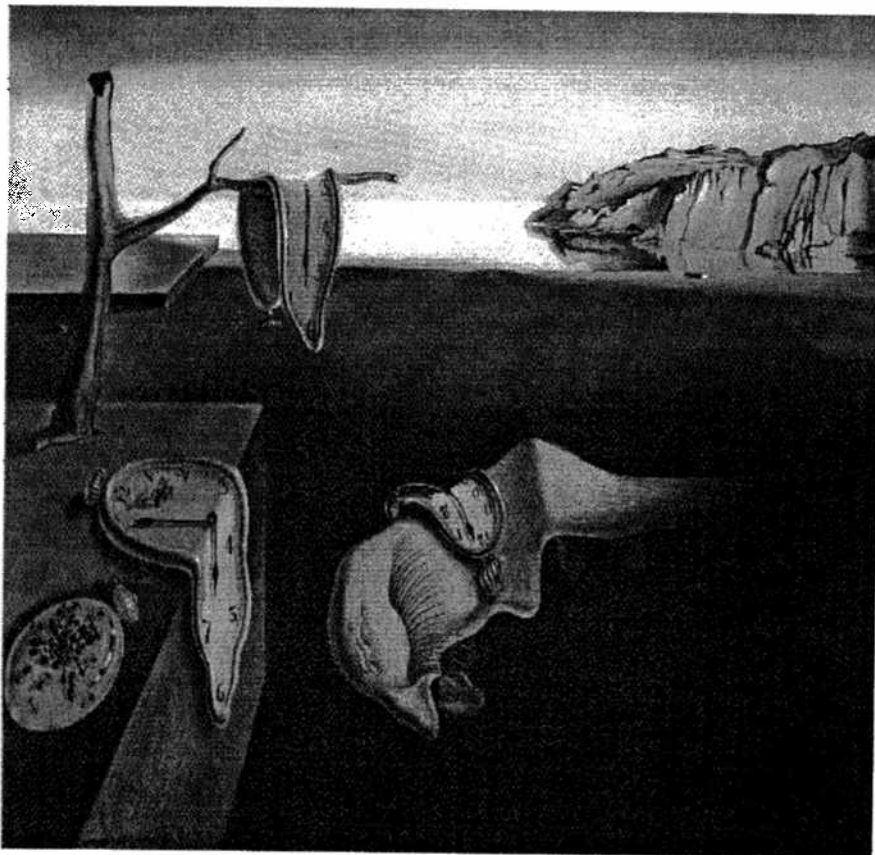
Institut für Automation
Abt. für Automatisierungssysteme

Technische
Universität
Wien

Projektbericht Nr. 183/1-81
July 1997

Kabel-Fehlerortung mit SynUTC

Ulrich Schmid



Salvador Dalí, "Die Beständigkeit der Erinnerung"

Kabel-Fehlerortung mit SynUTC

ULRICH SCHMID

Technische Universität Wien

Institut für Automation

Treitlstraße 3, A-1040 Wien

Email: s@auto.tuwien.ac.at

4. Februar 1998

Zusammenfassung

Das vorliegende Dokument faßt kurz die Eigenschaften eines Kabel-Fehlerortungssystems zusammen, das mit den Ergebnissen unseres Forschungsprojektes SynUTC realisiert werden kann. Bei dieser Darstellung wird insbesondere versucht, auf jene Aspekte hinzuweisen, die nach derzeitigem Wissensstand patentrechtlichen Neuigkeitscharakter haben könnten.

1 Projektergebnisse von SynUTC

Im Projekt *Synchronized Universal Time Coordinated for Distributed Real-Time Systems* (SynUTC)¹ wurde eine universelle Soft- und Hardware entwickelt, die netzwerkgekoppelte Computer mit hochauflösenden, hochgenau zueinander und auf Weltzeit synchronisierten lokalen Uhren versieht. Anders als bei herkömmlichen Verfahren basierend auf einer zentralen Uhr ist hier jeder Rechner mit einer eigenen lokalen Uhr ausgerüstet, die allein durch den Austausch von Synchronisationsnachrichten über das verbindende Datennetzwerk miteinander synchronisiert werden. Der Bezug zur Weltzeit wird dadurch hergestellt, daß an mindestens einen der Rechner ein GPS Satellitenempfänger mit Zeitausgang angeschlossen ist.

Für darauf aufbauende Anwendungen sind —neben der Möglichkeit, zu jedem beliebigen Zeitpunkt die aktuelle Uhrzeit lesen zu können— vor allem die diversen (unabhängigen) Zeitstempel-Funktionen interessant: Zum Zeitpunkt der Zustandsänderung eines digitalen Eingangs wird der Stand der lokalen Uhr in ein zugeordnetes Register gespeichert, wodurch ein solcher Zeitstempel (zeitlich relativ unkritisch aber natürlich noch vor der nächsten Zustandsänderung) per Software ausgelesen und weiterverarbeitet werden kann. Weiters stehen Möglichkeiten zur Auslösung von Interrupts bzw. eines Pulses an einem digitalen Ausgang bei Erreichen eines bestimmten Zeitpunkts zur Verfügung.

Wichtigste Eigenschaften des Gesamtsystems:

- Problemlose Überbrückung von LAN-Distanzen (typisch km-Bereich) unter alleiniger Ausnutzung des vorhandenen Datennetzwerks (keine zusätzlichen Verbindungen nötig). Die Eignung eines bestimmten Netzwerks hängt dabei nicht vom deterministischen Anteil der Nachrichtenverzögerungszeit δ (der automatisch gemessen wird), sondern lediglich vom maximalen *Delay-Jitter* ($\delta_{\max} - \delta_{\min}$) ab.
- Hohe Auflösung (Granularität) der lokalen Uhren von $2^{-24} \approx 60$ ns.
- Hohe Synchronisationsgenauigkeit der lokalen Uhren zueinander (genannt *Precision*), die linear vom Delay-Jitter des zugrundeliegenden Netzwerks und der verwendeten Taktfrequenz der lokalen Uhren abhängt; mit Ethernet und 10–20 MHz Taktfrequenz ist etwa $1 \mu\text{s}$ (worst-case, mit deutlich besserem average-case) zu erreichen.

¹Gefördert vom Österreichischen Fonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung (FWF) unter Projektnummer P10244-ÖMA, dem Jubiläumsfonds der OeNB unter Projektnummer 6454, der Auftragsforschung des BMFWV unter ZI.601.577/2-IV/B/9/96 und dem START-Projekt Y41-MAT.

- Im Normalfall hohe Synchronisationsgenauigkeit aller lokalen Uhren zur Weltzeit (genannt *Accuracy*), auch bei den Rechnern ohne GPS-Empfänger. Darüberhinaus Bereitstellung einer zuverlässigen worst-case Qualitätsinformation (maximale Abweichung) über die momentane Accuracy einer lokalen Uhr.

Die Accuracy der lokalen Uhr eines Rechners ist (natürlich) noch besser, wenn ein GPS-Empfänger an dem Rechner direkt² angeschlossen ist.

- Exzellente Fehlertoleranz-Eigenschaften, v.a.
 - korrekte Uhren werden durch fehlerhafte Rechner/Uhren nicht beeinträchtigt,
 - (längerer) Ausfall/Fehlverhalten von GPS-Empfängern verschlechtert lediglich (allmählich) die Accuracy,
 - mehrere Selbsttest- und Datensicherungsmechanismen.
- Möglichkeit des Aufbaus redundanter Systemarchitekturen, v.a.
 - redundante (mehrfache) Netzwerkverbindungen,
 - redundante Ausführung der lokalen Uhren,
 - Anschluß mehrerer GPS-Empfänger.

Realisierungstechnisch betrachtet muß jeder Rechner über folgende Komponenten verfügen, um diese Features bieten zu können:

- *CPU/Microcontroller* für die Ausführung der Synchronisations-Software, die jedoch ohne Probleme parallel zu anderen Berechnungen laufen kann.
- *Speicher* zur Übergabe von Datenpaketen an den Netzwerk-Controller (sowie für sonstige Dinge).
- *DMA-fähiger Netzwerkcontroller* für ein geeignetes Netzwerk, der das Senden/Empfangen von Datenpaketen aus/in den Speicher ohne Mithilfe der CPU erledigen kann.
- *UTCSU-ASIC*, das den primären Hardware-Support für die Uhrensynchronisation (v.a. die Uhr und diverse Zeitstempelmechanismen) bereitstellt. Durch den Einsatz von Rate-Synchronisation wird trotz hoher Genauigkeitsanforderungen kein hochgenauer Quarzoszillator benötigt.

An zumindest einen Rechner muß darüberhinaus ein GPS-Empfänger mit 1 pps Zeitausgang angeschlossen sein.

Das gesamte Verfahren beruht auf theoretisch gesicherten Grundlagen und kann durch die durchgeführten mathematisch-formalen Analysen den Anspruch erheben, seine Leistungsmerkmale —von Implementierungsfehlern abgesehen— auch garantiert zu erbringen. Die theoretischen Grundlagen und Konzepte wurden/werden in einer Reihe namhafter wissenschaftlicher Zeitschriften und Konferenzen publiziert. Die wichtigsten bereits erschienenen Arbeiten sind:

- [SS97] (erschienen März 1997): Prinzipieller Algorithmus, mathematische Analyse von Precision und Accuracy.
- [SSHL97] (erschienen Mai 1997): Konzepte und Beschreibung der Funktionalität des UTCSU-ASICs³

Es entstehen natürlich laufend weitere Ergebnisse, die sukzessive publiziert werden; vermutlich gegen Ende 1997 werden z.B. folgende Arbeiten erscheinen:

²Übrigens existiert für "stand-alone" Konfigurationen (ohne Netzwerk) die Möglichkeit, die lokale Uhr mit dem 1 pps Zeitausgang eines GPS-Empfängers phase-locked zu synchronisieren.

³Es gibt übrigens ein Patent von H. Kopetz (TU Wien) auf einen Vorläufer-Chip unserer UTCSU. Wir haben in einer vermutlich Dezember 1997 zu publizierenden Arbeit [HSS97] detailliert dargelegt, warum die UTCSU unseres Erachtens nach völligen Neuheitscharakter beanspruchen kann.

- [Scho97]: Prinzipieller Algorithmus und mathematische Analyse für Rate-Synchronisation (unabhängig für hohe Synchronisationsgenauigkeit trotz low-cost Quarzen).
- [Sch97]: Beschreibung und Analyse eines konkreten Synchronisations-Algorithmus.

Neben den theoretisch/konzeptuellen Grundlagen wurde/wird eine Prototyp-Realisierung von Hard- und Software entwickelt, die primär der experimentellen Evaluation dient. Zwar wurden die konkreten Implementierungen natürlich nicht aus der Hand gegeben, allerdings wurden/werden zum Teil sehr detaillierte Implementierungsbeschreibungen publiziert:

- [Loy96] (erschienen April 1996): Detaillierte Implementierungsbeschreibung des UTCSU-ASICs.
- [HSS97] (erscheint vmtl. Dezember 1997): Detailkonzept eines UTCSU-basierenden, hochgenauen, low-cost Uhrensynchronisations-M-Moduls.

2 Perspektiven der Kabel-Fehlerortung

Die grundsätzliche Idee ist im Entwurf der Patentschrift vom 5.5.1997 im Prinzip korrekt festgehalten. Sie besteht darin, möglichst nahe an jedem Fehlerortungs-Sensor einen (Mikro-)Rechner —in der im vorigen Abschnitt beschriebenen Konfiguration und im folgenden *Zeitstempel-Einheit* (ZE) statt wie ursprünglich Controller genannt— zu plazieren. Dessen primäre Aufgabe ist es, die von den angeschlossenen Fehlerortungs-Sensoren gelieferten digitale Signale, die (eventuell) einen Kabelfehler signalisieren, zeitstempeln. Aufgrund der Tatsache, daß die lokalen Uhren untereinander und v.a. mit der Weltzeit hochgenau synchronisiert sind, können die an den beiden Kabelenden erfaßten Zeitstempel zur Berechnung des Fehlerortes herangezogen werden. Die dafür notwendige (aber zeitlich unkritische) Übertragung der Zeitstempel zu einer geeigneten Auswertestation ist über das Datennetzwerk natürlich problemlos möglich.

Diese Technik ist sowohl für stationäre als auch mobile Fehlerortung geeignet (wenn auch für letztere höhere Anforderungen gelten dürften).

Die konkreten Vorzüge dieser Lösungsidee sind folgende:

- Unser Ansatz erlaubt die Konstruktion kleiner, billiger und robuster ZEs, die neben der Stromversorgung lediglich Anschlüsse für die zu überwachenden Fehlerortungs-Sensoren und einen Netzwerkananschluß benötigen. Diese können somit leicht in EMV-dichte Gehäuse eingebaut und daher in unmittelbarer Nähe der Fehlerortungs-Sensoren montiert werden.
- Die "Skalierbarkeit" unseres Ansatzes ist insofern optimal, als die Installation eines zusätzlichen Fehlerortungs-Sensors im schlimmsten Falle das Hinzufügen einer weiteren ZE bedingt. Falls in der Nähe bereits eine ZE mit noch freien Zeitstempeleingängen existiert (deren Anzahl ist reine Auslegungssache), ist die Angelegenheit noch einfacher.
- Unser Ansatz verlangt es —im Gegensatz zu allen anderen mir bekannten Lösungen— nicht, jede ZE mit einem eigenen GPS-Empfänger auszurüsten. Ein oder mehrere GPS-Empfänger können somit an möglichst günstigen Orten montiert werden und stellen allen ZEs im System ihre Zeitinformation über das Datennetzwerk zur Verfügung.

Im Falle der stationären Fehlerortung hat dies einige Vorteile, die den Nachteil der (etwas) schlechteren Accuracy der Zeitstempel von ZEs ohne "eigenen" GPS-Empfänger vermutlich aufwiegen:

- Jeder GPS-Empfänger braucht eine eigene Dachantenne (mit freier Sicht des gesamten Himmels), was die Anzahl geeigneter Montageplätze i.A. stark einschränkt. Existierende Systeme mit wenigen ZEs erfordern einen hohen Verkabelungsaufwand, da die vielen Signale der Fehlerortungs-Sensoren sternförmig an die zentralen Einheiten herangeführt werden müssen. Auf der anderen Seite, falls die örtlichen Gegebenheiten viele ZEs überhaupt zulassen, erfordern existierende Lösungen einen "Wald" von GPS-Antennen.

- Die Fehlertoleranz-Eigenschaften von Lösungen mit dedizierten GPS-Empfängern sind ungenügend, da eine ZE i.A. völlig ausfällt, wenn der zugehörige GPS-Empfänger ausfällt. Nun ist es schon einmal fraglich, wie gut GPS-Empfänger in der Nähe von Fehlerortungs-Sensoren überhaupt funktionieren. Darüberhinaus ist anzunehmen, daß die Fehlerortung gerade dann besonders gefordert ist, wenn die lokalen Umgebungsbedingungen (Gewitter usw.) extrem schlecht sind — und unter solchen Umständen ist die Verfügbarkeit von korrekter Information von einem GPS-Empfänger noch fraglicher als sonst.

Unser Ansatz ist in der Lage, durch die gegenseitige Synchronisation der lokalen Uhren aller ZEs zumindest einige Zeit auch völlig ohne GPS-Information auszukommen — insbesondere ist auch jederzeit bekannt, wie gut die Accuracy der Zeitstempel tatsächlich ist. Alternativ könnte dem Problem natürlich auch mit hochgenauen lokalen Oszillatoren in traditionellen Lösungen abgeholfen werden, allerdings würde dies die Kosten und den Wartungsaufwand beträchtlich erhöhen. Man beachte hierbei übrigens auch, daß Lösungen mit wenigen ZE in Punkto Fehlertoleranz grundsätzlich problematisch sind, da bei einem einzigen Ausfall viele Fehlerortungs-Sensoren nicht mehr überwacht werden können.

- Es ist bei existierenden Lösungen i.A. nicht möglich, zur Erhöhung der Verfügbarkeit mehrere GPS-Empfänger parallel zu betreiben (und wenn doch, so profitiert nur eine einzige ZE davon).
- Unser Ansatz erlaubt es, im Falle wesentlich erhöhter Anforderungen in Punkto Fehlertoleranz redundante Komponenten einzusetzen: Eine ZE kann intern redundant aufgebaut werden (mehrere UTCSUs parallel), mehrere ZE's können denselben Fehlerortungs-Sensor überwachen, und auch das Datennetzwerk kann redundant ausgelegt werden; die Möglichkeit des Einsatzes mehrerer GPS-Empfänger wurde bereits im vorigen Punkt dargelegt.

3 Notwendige Adaptierungen der SynUTC-Ergebnisse

Darüber muß natürlich noch im Detail nachgedacht werden; einige offensichtliche Punkte sind folgende:

- Erhöhung Synchronisationsgenauigkeit

Bei einer Signalausbreitungsgeschwindigkeit von ca. $150 \text{ m}/\mu\text{s}$ sollte man tunlichst versuchen, eine (average case) Accuracy von 100 ns oder besser zu erreichen. Dies ist insbesondere für den mobilen Einsatz in Meßwägen wichtig. Einige Ideen dazu:

- Verwendung von DGPS/Common View, um eine GPS-Zeitreferenz mit einer Accuracy im 10 ns -Bereich zu bekommen.
- Verringerung der Granularität der lokalen Uhren (= Erhöhung Taktfrequenz), um die Quantisierungsunsicherheit von dzt. 60 ns zu verringern. Dies kann übrigens auch durch freilaufende, mitgesampelte "Microticks" erreicht werden.
- Verwendung eines (Glasfaser-)Netzwerks mit möglichst kleinem Delay-Jitter, ev. durch Design eines speziellen Controllers (LON?)
- Entwicklung einer robusten ZE durch Erweiterung der NTI um CPU und Netzwerk-Controller.
- Design der Software-Umgebung (Betriebssystem) für die ZE.

Literatur

- [Loy96] D. Loy. *GPS-Linked High Accuracy NTP Time Processor for Distributed Fault-Tolerant Real-Time Systems*, PhD thesis, Faculty of Electrotechnics, Technische Universität Wien, April 1996.
- [HSS97] M. Horauer, U. Schmid, K. Schossmaier. *NTI: A Network Time Interface M-Module for High-Accuracy Clock Synchronization*, to appear in Proc. 6th International Workshop on Parallel and Distributed Real-Time Systems (WPDRTS '98), Springer LNCS, 1998.

- [Sch97] U. Schmid. *Orthogonal Accuracy Clock Synchronization*, manuscript submitted for publication, 1997.
- [SS97] U. Schmid, K. Schossmaier. *Interval-based Clock Synchronization*, J. Real-Time Systems 12(2), March 1997, p. 173–228.
- [SSHL97] K. Schossmaier, U. Schmid, M. Horauer, D. Loy. *Specification and Implementation of the Universal Time Coordinated Synchronization Unit (UTCSU)*, J. Real-Time Systems 12(3), May 1997, p. 295–327.
- [Scho97] K. Schossmaier. *An Interval-Based Framework for Clock Rate Synchronization*, Proc. 16th ACM PODC, 1997, p. 169–178.

PATENTANWALT
1

DR.-ING. PETER RIEBLING

Dipl.-Ing.

EUROPEAN PATENT ATTORNEY

Postfach 3160
D-88113 Lindau (Bodensee)
Telefon (0 83 82) 7 80 25
Telefax (0 83 82) 7 80 27

5

5. Mai 1997

Anwaltsakte: 10952.4-B1442-54

10

Anmelder: Herr Martin Baur, Raiffeisenstr. 8, A-6832 Sulz

Schutzansprüche

15

1. Vorrichtung zur Fehlerortung in Kabeln und Leitungen eines stationären oder mobilen Verteilernetzes mittels stationärer oder mobiler Fehlerortungssensoren, wobei jedem Fehlerortungssensor eine Zeitbasis zugeordnet ist, welche bei Erfassen eines Fehlers ein Zeitstempelsignal erzeugt, und aus der Zeitdifferenz der einzelnen Zeitstempelsignale die Lage des Fehlers bestimmt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Ortungssystem (1) zur Bestimmung der absoluten Lagekoordinaten der Fehlerortungssensoren (27) vorgesehen ist, wobei die Lagekoordinaten der Fehlerortungssensoren zur Bestimmung der absoluten Lagekoordinaten des Fehlers herangezogen werden.

20

25

30

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Ortungssystem (1) ein GPS-Satellitenortungssystem ist, durch welches einerseits ein Zeitreferenzsignal erzeugt wird und andererseits die Lagekoordinaten der Fehlerortungssensoren (27) bestimmt werden.

35

3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Fehlerortungssensoren (27) fest im Leitungsnetz angeordnet sind.

Hausanschrift:
Rennerle 10
D-88131 Lindau

Bankkonten:
Bayer. Vereinsbank Lindau (B) Nr. 1257110 (BLZ 60020290)
Hypo-Bank Lindau (B) Nr. 6670-326843 (BLZ 73320442)
Volksbank Lindau (B) Nr. 51222000 (BLZ 65092010)
VAT-NR: DE 129020439

Postscheckkonto
München
414846-808
(BLZ 70010080)

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Fehlerortungssensoren (27) mobil und nur zeitweise, während der Fehlersuche, an beliebigem Stellen des Netzes angeordnet werden.

5

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein zentraler Netzwerkrechner (28) vorhanden ist, welcher die Lagekoordinaten sämtlicher Fehlerortungssensoren (27) sowie die erfassten Meßwerte speichert und auswertet.

10

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Information über die Lagekoordinaten und die von den Fehlerortungssensoren (27) abgegebenen Meßwerte drahtlos an den Netzwerkrechner (28) übertragen werden.

15

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Information über die Lagekoordinaten und die von den Fehlerortungssensoren (27) abgegebenen Meßwerte drahtgebunden an den Netzwerkrechner (28) übertragen werden.

20

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die gesamte Fehlerortungsvorrichtung mobil ausgebildet ist.

25

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein graphisches Informationssystem vorhanden ist, mittels welchem das gesamte zu überwachende Leitungssystem, die Lage der Fehlerortungssensoren und ein auftretender Leitungsfehler graphisch angezeigt werden.

30

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß von der Fehlerortungsvorrichtung steuerbare Schaltmittel vorgesehen sind, durch welche bei einem auftretenden Fehler die fehlerbehaftete Leitung automatisch abgeschaltet wird.

35

5. Mai 1997

Anwaltsakte: 10952.4-B1442-54

Anmelder: Herr Martin Baur, Raiffeisenstr. 8, A-6832 Sulz

5

Vorrichtung zur Fehlerortung in Kabeln und Leitungen

10 Gegenstand der Neuerung ist eine Vorrichtung zur Fehlerortung
in Kabeln und Leitungen stationärer oder mobiler
Verteilernetze mittels stationärer oder mobiler
Fehlerortungssensoren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

15 Im Aufsatz von DEWE, M.B. et al. : The Application of
Sattelite Time References to HVDC Fault Location. In: IEEE
Transactions on Power Delivery, Vol. 8, No. 3, July 1993,
Seiten 1295-1301 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zur
Fehlerortung beschrieben, wobei ein GPS-
20 Satellitenortungssystem zur Synchronisation einer genauen
Zeitbasis verwendet wird, mittels welcher den an den
Fehlerortungssensoren ankommenden Fehlersignalen jeweils ein
hochgenaues Zeitstempelsignal zugeordnet wird. Aus der
zeitlichen Differenz der erfassten Zeitstempelsignale kann
dann die relative Position des Fehlerortes abgeleitet werden.
25 Das beschriebene Verfahren kann nur bei stationären Leitungen
mit stationären Fehlerortungssensoren sinnvoll eingesetzt
werden, da die Positionen der Leitungen und Sensoren vorher
genau bekannt sein müssen.

30 Der vorliegenden Neuerung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde,
eine Vorrichtung der eingangs genannten Art so
weiterzubilden, daß eine absolute Fehlerortbestimmung in
stationären oder mobilen Verteilernetzen mit stationären oder
mobilen Fehlerortungssensoren mit hoher Genauigkeit möglich
35 ist.

Zur Lösung der gestellten Aufgabe ist die Neuerung durch die
technische Lehre des Anspruches 1 gekennzeichnet.

Die vorliegende Neuerung betrifft einerseits die Fehlerortung in mobilen Leitungen, Kabelnetzen und anderen leitungsgebundenen Verteilernetzen wie z. B. auch
5 Computernetzwerken oder Lichtwellenleiter und andererseits die Fehlerortung in stationären Leitungsnetzen, wobei dann die gesamte Fehlerortungseinrichtung mobil ausgebildet ist und dennoch hochauflösende Fehlersignale erzeugt werden können, welche mit hoher Genauigkeit auf den Fehlerort
10 zurückschließen lassen.

Die Neuerung setzt als bekannt voraus, daß man in einem beliebigen, zu überwachenden Leitungsnetz ein oder mehrere Fehlerortungssensoren in beliebigen Abständen voneinander
15 anordnet und jedem Fehlerortungssensor eine Erfassung zuordnet, damit aufgrund eines eintretenden Fehlers dieser Fehlerortungssensor über die genannte Meßwerterfassung eine Zeitbasis startet.

20 An beliebigen Stellen sind ein oder mehrere Fehlerortungssensoren in dem Leitungsnetz vorhanden, wobei jeder Fehlerortungssensor auf eine zugeordnete Zeitbasis wirkt. Die Ausgangsleitungen aller Zeitbasen laufen nun gemeinsam auf einen alle Zeitbasen verbindenden Datenbus,
25 wobei mehrere Bussysteme an einen Netzwerkrechner angeschlossen sind.

Es wird ein hoch auflösendes Zeitsignal erzeugt wird, das aus dem ätherischen GPS-Signal (Global Position System) gewonnen
30 wird. Dazu wird ein Empfänger für den Empfang des GPS-Signals benötigt, und aus diesem Signal eine Zeitbasis über das Kontrollernetzwerk erzeugt, welches sämtliche Zeitbasen miteinander verbindet.

35 Jeder Fehlerortungssensor speichert zum Zeitpunkt eines ihn erreichenden Fehlersignals einen Zeitstempel in der Zeitbasis. Durch die konstante Fehlerausbreitungsgeschwindigkeit im Leitungsnetz kommt es

durch die Sensoren zu unterschiedlichen Zeitstempelungen, welche in das Kontrollernetzwerk eingespeist und dem Netzwerkrechner zugeführt werden. Dieser ermittelt nun aus den ankommenden Zeitsignalen eine Laufzeitdifferenz zwischen den einzelnen Fehlerortungssensoren und kann nun aufgrund der
5 bekannten Ausbreitungsgeschwindigkeit des Fehlers auf dem Kabel den Fehlerort hochgenau feststellen.

Die Neuerung sieht nun vor, das GPS-Signal nicht nur zur
10 Steuerung einer Zeitbasis zu verwenden, sondern auch zur Bestimmung der absoluten Position der stationären Fehlerortungssensoren in mobilen Netzen bzw. mobilen Fehlerortungssensoren in stationären Netzen. Der Einfachheit halber wird nachfolgend lediglich ein Ausführungsbeispiel
15 beschrieben, welches den Einsatz von mobilen Fehlerortungssensoren an einem stationären Netz betreffen. Derartige mobile Fehlerortungssensoren werden z. B. zur Überwachung von Freileitungs-Hochspannungsleitungen eingesetzt, wobei von einem Überwachungswagen aus mehrere
20 Fehlerortungssensoren an die Leitung angeklemt werden, um bestimmte Leitungsabschnitte in ihrem Fehlverhalten zu überprüfen.

Für diesen Fall ist es von entscheidender Bedeutung, daß man
25 den Ort des Fehlerortungssensors an der zu überwachenden Leitung genau festlegen und erfassen kann. Zu diesem Zweck sieht die Neuerung vor, daß aus dem GPS-Signal nicht nur eine hoch genaue Zeitbasis abgeleitet wird, sondern darüber hinaus auch noch ein Signal zur genauen Lagenbestimmung des
30 jeweiligen Fehlerortungssensors abgeleitet wird. Jedem Fehlerortungssensor kann also aufgrund der Auswertung des GPS-Signals eine genaue Lage zugeordnet werden und damit ist es nun erstmals möglich, den Installationsort des Fehlerortungssensors an der stationären Leitung zu errechnen
35 und mit der vorher beschriebenen Methode auch über längere Zeit hinweg das Verhalten einer derartigen Leitung zu überwachen.

Die Übertragung dieser Information, d. h. die Übertragung der Fehlerortungssensor-Signale kann drahtgebunden oder drahtlos folgen.

5 In dem zentralen Netzwerkrechner werden sämtliche Koordinaten
sämtlicher Fehlerortungssensoren gespeichert und deren
geometrische Lage an dem zu überwachenden Netz kann somit
einwandfrei festgelegt werden. Es wird dann eine
Fehlerüberwachung in der vorher beschriebenen Weise
10 durchgeführt.

Die mobile Einrichtung hat den Vorteil, daß man an größeren
Anlagen Investitionen größeren Umfanges vermeidet. In einem
solchen Fall ist es sinnvoll, bei einer kritischen und
15 ausfallgefährdeten Leitung über einen begrenzten Zeitraum das
Leitungssystem mit mobilen Fehlerortungssensoren zu
überwachen.

Die gespeicherten Zeitstempel können über mobile,
20 rechnerunterstützte Erfassungsgeräte entweder optisch über
LWL-, Induktiv- oder auch über Kupferleitungen übertragen und
ausgewertet werden.

Vorteil der Vorrichtung ist, daß mit Absolutzeiten und
25 Absolutpositionsdaten gearbeitet werden kann und es nun nicht
mehr darauf ankommt, die aktuelle Ausbreitungsgeschwindigkeit
der Meßsignale bzw. Fehlersignale zu messen, die vom Material
und von der Art des Kabels abhängt. Man ist also von der
Materialart des Kabels unabhängig.

30 Ein weiterer Vorteil ergibt sich dadurch, daß es nun aufgrund
der hochgenauen Fehlerortbestimmung möglich ist, eine
fehlerbehaftete Leitung automatisch abzuschalten oder auch
manuell abzuschalten. Dies kann über den Netzwerkrechner
35 erfolgen, an dem eine Bedienungsperson sitzt und welcher
Netzwerkrechner eine Vielzahl von Fehlerortungssensoren
überwacht.

Der Gegenstand der vorliegenden Neuerung ergibt sich nicht nur aus dem Gegenstand der einzelnen Schutzansprüche, sondern auch aus der Kombination der einzelnen Schutzansprüche untereinander. Alle in den Unterlagen, einschließlich der
5 Zusammenfassung, offenbarten Angaben und Merkmale, insbesondere die in den Zeichnungen dargestellte räumliche Ausbildung werden als erfindungswesentlich beansprucht, soweit sie einzeln oder in Kombination gegenüber dem Stand der Technik neu sind.

10

Im folgenden wird die Neuerung anhand von lediglich einen Ausführungsweg darstellenden Zeichnungen näher erläutert. Hierbei gehen aus den Zeichnungen und ihrer Beschreibung weitere erfindungswesentliche Merkmale und Vorteile der
15 Neuerung hervor.

Es zeigen:

20

Figur 1: Schematisiertes Blockschaltbild einer Zeitbasis;

Figur 2: Blockschaltbild einer Anordnung von Fehlerortungs-
sensoren in einem zu überwachenden Netz.

25 In Figur 1 wird dargestellt, wie in einer Zeitbasis ein hochgenaues Zeitsignal aus einem GPS-Signal erzeugt wird. Hierzu wird von einem GPS-Empfänger 1 über eine Leitung 33 die Zeitbasis 2 angesteuert, die über nicht näher dargestellte
Schaltungseinrichtungen aus dem relativ „langsamen“ GPS-
30 Zeitsignal ein hochauflösendes Zeitsignal erzeugt.

Das Prinzip dieser hochgenauen Zeitsignalerzeugung ist, daß man mit dem langsameren GPS-Signal ein oder mehrere hochgetaktete Uhren startet, die z. B. ein Ein-Sekundensignal
35 in ein 32 Bit großes Signal auflösen. Hierbei ist an der Zeitbasis 2 eine Schnittstelle bestehend aus dem Ausgang 3 und dem Eingang 4 vorhanden, an dem die Meßwerterfassung 29 angeschlossen wird, welche die Zeitbasis 2 ansteuert.

Ferner ist ein Bus 5 für die Signalweiterleitung vorhanden, so daß von der Zeitbasis 2 das hochauflösende Zeitsignal über den Bus 5 an weitere Geräte abgegeben werden kann.

5

Die Zeitbasis 2 wirkt über die Kommunikationsleitung 6 auf einen zentralen Daten- und Adressbus 7, an dem in ansich bekannter Weise eine Zentraleinheit 8, eine DMA 9 und ein Speicher 10 angeordnet sind. Die DMA-Einheit 9 stellt die Kommunikation zwischen dem Daten- und Adressbus 7 und dem über die Leitung 34 den Ausgang bildende Netzwerk 11 her.

10

Es sind ansich beliebige Fehlererortungssensoren vorhanden. Im gezeigten Ausführungsbeispiel kann ein Fehlerortungssensor entweder als kapazitiver Teiler 30 oder als ohmscher Teiler 31 ausgebildet sein. Als weitere, nicht zeichnerisch dargestellte Möglichkeit ist die Ausbildung des Teiles als induktiver Teiler, der entsprechend induktiv an das zu überwachende Netz angekoppelt ist.

15

20

Dieser Teiler ist also der Fehlerortungssensor 27, und das entsprechende Fehlersignal wird über die Meßleitung 26 einer Meßwerterfassung 29 zugeführt, welche bevorzugt als Komparator ausgebildet ist. Dieser Komparator gibt also ein Fehlersignal ab, wenn eine bestimmte Spannungs- oder Stromschwelle überschritten ist und dieses Fehlersignal wird über die Leitung 35 dem Eingang 4 der Zeitbasis 2 zugeführt. Diese startet nun und gibt ihr Signal über die Kommunikationsleitung 6 auf den Daten- und Adressbus 7 ab. Dieses Signal ist ein reines, hochauflösendes Zeitsignal und wird von der Zentraleinheit 8 erfaßt und in dem Speicher 10 abgelegt. Nach einer bestimmten, vorgegebenen Zeit, z. B. nachdem mehrere Signal hintereinanderfolgend in dem Speicher 10 abgelegt wurden, gibt die DMA 9 diese digitalen Signale über die Leitung 34 auf das Netzwerk 11 aus.

25

30

35

Anhand der vorstehenden Beschreibung nach Figur 2 wird nun erläutert, daß eine derartige Fehlerortungs- und

Signaleinheit in einem weit verteilten Netz vielfach vorhanden ist und die jeweils abgegebenen Signale in einem gemeinsamen Netzwerkrechner 28 gesammelt und ausgewertet werden.

5

Als Beispiel wird hierbei ein Hochspannungsnetz 12 angegeben, welches über eine Transformatorstation 13 in eine Mittelspannungsnetz 14 umgewandelt wird. Von diesem Mittelspannungsnetz 14 zweigen eine Reihe von Sammelschienen 15,16 ab, wobei jede Sammelschiene in einer Mittelspannungsstation 17,18 angeordnet ist. Es können hierbei eine Vielzahl von Sammelschienen 15,16 und eine Vielzahl von Mittelspannungsstationen 17,18 vorhanden sein.

10

Von den Mittelspannungsstationen 17,18 zweigen eine Vielzahl von Versorgungsleitungen 19,20 ab, die jeweils durch erfindungsgemäße Fehlerortungssensoren 27 überwacht werden sollen. Hierbei ist vorgesehen, daß in jeder Versorgungsleitung 19,20 Fehlerortungssensoren 27,27',27'',27''' angeordnet sind.

20

Entsprechend dem Schaltbild in Figur 1 ist nun jeder Fehlerortungssensor 27 über die beschriebene Meßleitung 26 mit der Meßwerterfassung 29 gekoppelt und diese wiederum wirkt in der vorher beschriebenen Weise auf die jeweilige Zeitbasis 2. Der jeweils jedem Fehlerortungssensor 27 zugeordnete Controller 24,24',24'',24''' wurde vorstehend als Zusammenfassung der Teile 8,9,10 in Figur 1 beschrieben.

25

Alle Ausgänge der Controller 24 wirken nun auf das Kontrollernetzwerk 22, welches wiederum Teil des Hauptnetzwerkes 11 ist. Im Hauptnetzwerk ist dann der vorher beschriebene Netzwerkrechner 28 eingeschaltet.

30

Entsteht nun beispielsweise im Bereich des Fehlerortungssensors 27 in der Versorgungsleitung 19 ein Fehler, dann wird ein entsprechender Fehlerimpuls über die Meßleitung 26 auf die Meßwerterfassung 29 geleitet und der

35

Kontroller 24 erzeugt einen Zeitstempel, welcher über das Kontrollernetzwerk 22 und das Netzwerk 11 dem Netzwerkrechner 28 zugeführt wird. Gleichzeitig erreicht dieser Fehler mit einer gewissen Zeitverzögerung die anderen

5 Fehlerortungssensoren, z. B. den Fehlerortungssensor 27'', der seinerseits wiederum seinen Kontroller 24'' ansteuert und dieses Zeitstempelsignal wird wiederum über das Kontrollernetzwerk 22 und das Netzwerk 11 dem Netzwerkrechner 28 zugeführt.

10

Im Netzwerkrechner 28 wird nur die Zeitdifferenz aus diesen beiden absoluten Zeitwerten gebildet und hieraus kann mit hoher Genauigkeit der Fehlerort auf der Versorgungsleitung errechnet werden.

15

Im gezeigten Ausführungsbeispiel war angegeben worden, daß das GPS-Signal über eine Antenne 21 jeweils in der Mittelspannungsstation 17 empfangen wird und dem GPS-Empfänger 1 zugeführt wird.

20

Wenn nun die gesamte Anordnung nach Figur 2 neuerungsgemäß mit mobilen Fehlerortungssensoren 27, 27', 27'', 27''' arbeitet, dann wird über das Kontrollernetzwerk 22 noch zusätzlich jedem Kontroller 24-24''' die Ortskoordinate des jeweils zugeordneten Fehlerortungssensors 27-27''' zugeordnet. Im

25 Falle eines Fehlereintrittes wird dann diese Koordinatenangabe zusätzlich in dem Kontrollernetzwerk 22 übertragen und von dem Netzwerkrechner 28 ausgewertet.

30

Beim Stand der Technik wird also lediglich der Synchronkontakt aus dem GPS-Empfänger abgeleitet, während gemäß der Neuerung die Lagenkoordinaten der Fehlerortungssensoren abgeleitet werden.

35

Ein Vorteil der Vorrichtung liegt darin, daß es aufgrund der Kenntnis der genauen Ortskoordinate des Fehlers nun umgekehrt möglich ist, diese bekannte Ortskoordinate in ein graphisches Informationssystem einzuspeisen und das gesamte

Leitungssystem auf einem entsprechenden Anzeigedisplay abzubilden und gleichzeitig auch den Fehler an diesem System darzustellen.

5 Mit einem mobilen GPS-Empfänger ist es nun leicht, den genauen Fehlerort festzustellen und aufzufinden, weil ja die Koordinate bekannt ist und diese Koordinate nur dem mobilen GPS-Empfänger mitgeteilt werden muß, der dann genau zum gesuchten Fehlerort hinführt.

10

Damit ergibt sich der wesentlicher Vorteil, daß nicht nur die Lokalisierung eines Fehler in einem graphischen System möglich ist und dementsprechend auch eine Leitungsabschaltung, sondern darüber hinaus auch noch die
15 Lokalisierung und Auffindung dieses Fehlers im freien Felde ohne weiteres möglich ist, wenn man sich eines mobilen GPS-Empfängers bedient.

Zeichnungslegende

- 1 GPS-Empfänger
- 5 2 Zeitbasis
- 3 Ausgang
- 4 Eingang
- 5 Bus für Signalweiterleitung
- 6 Kommunikationsleitung
- 10 7 Daten- und Adressbus
- 8 Zentraleinheit
- 9 DMA
- 10 Speicher
- 11 Netzwerk
- 15 12 Hochspannungsnetz
- 13 Transformatorstation
- 14 Mittelspannungsnetz
- 15 Sammelschiene
- 16 "
- 20 17 Mittelspannungsstation
- 18 "
- 19 Versorgungsleitung
- 20 "
- 21 Antenne
- 25 22 Kontrollnetzwerk
- 23 Synchronkontakt
- 24 Kontroller 24', 24'', 24'''

- 26 Meßleitung
- 30 27 Fehlerortungssensor
- 28 Netzwerkrechner
- 29 Meßwerterfassung
- 30 kapazitiver Teiler
- 31 Ohmsche Teiler
- 35
- 33 Leitung
- 34 "
- 35 "

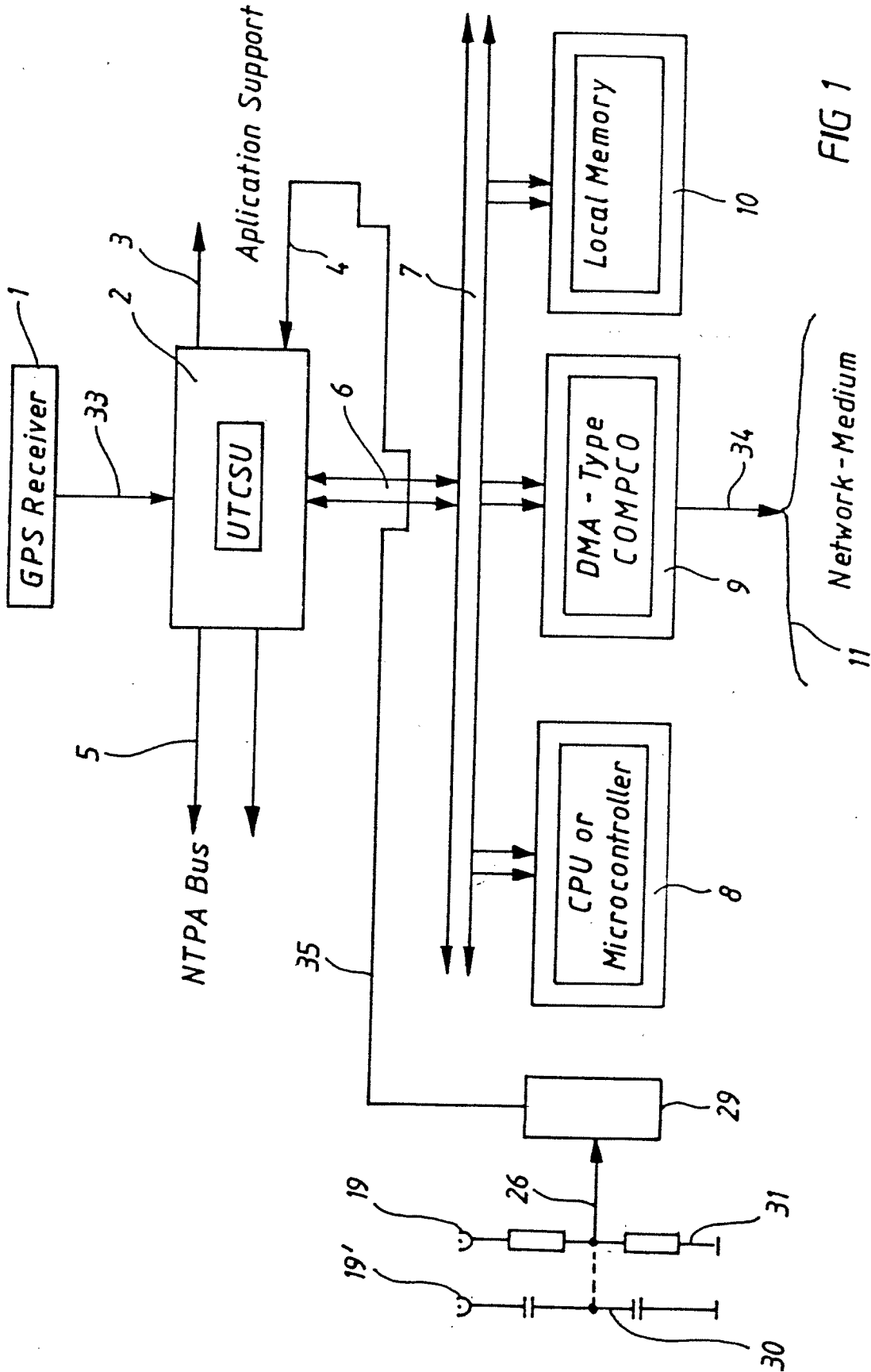


FIG 1

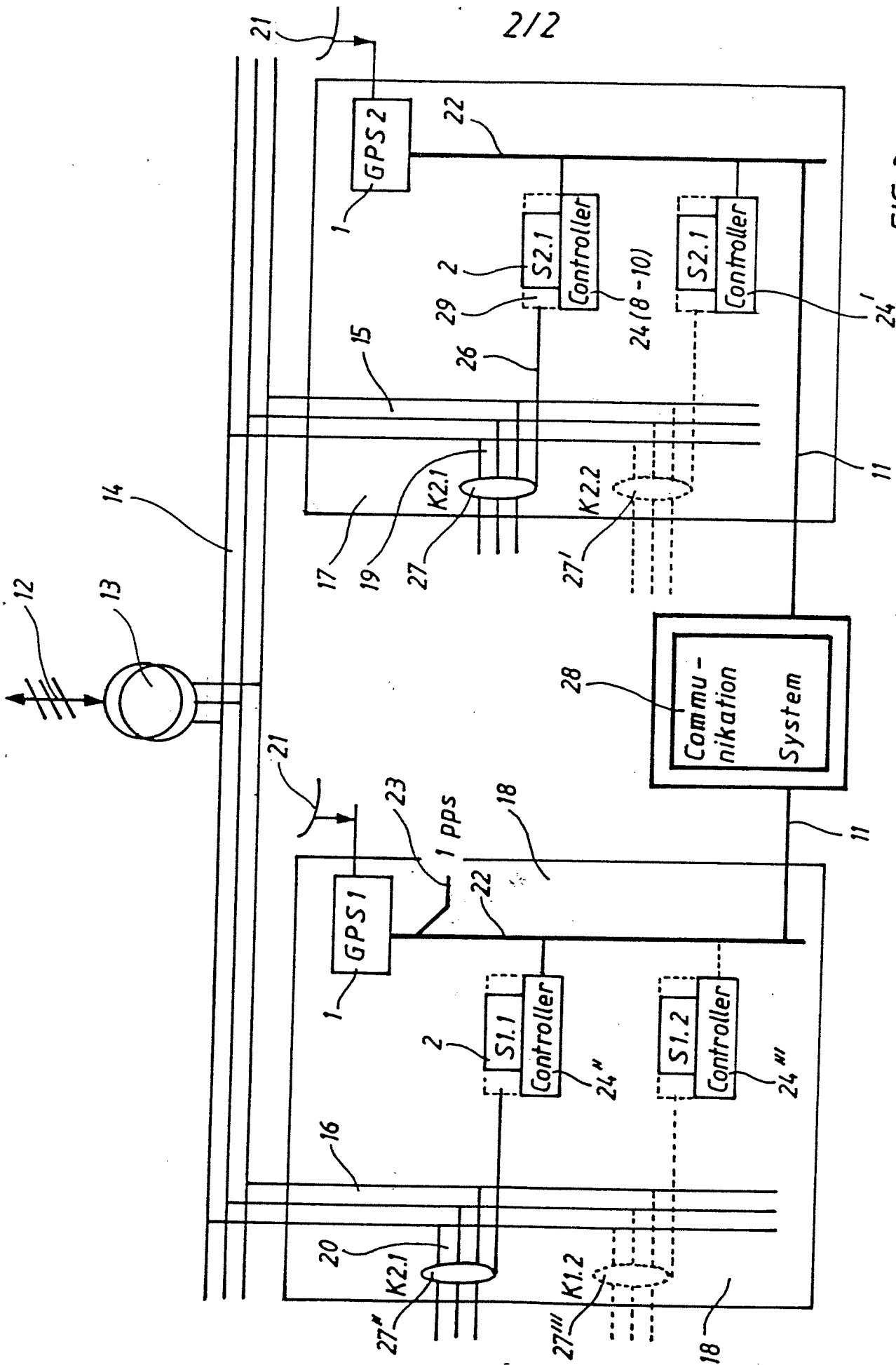


FIG 2