

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 646 901 A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **94113876.0**

(51) Int. Cl.⁶: **G08B 13/19**

(22) Anmeldetag: **05.09.94**

(30) Priorität: **04.10.93 CH 2975/93**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
05.04.95 Patentblatt 95/14

(84) Benannte Vertragsstaaten:
BE DE ES FR GB IT SE

(71) Anmelder: **CERBERUS AG**
Alte Landstrasse 411
CH-8708 Männedorf (CH)

(72) Erfinder: **Stierli, Peter**
Spittelstrasse 5
CH-8712 Stäfa (CH)

(54) **Verfahren zur Verarbeitung der Signale eines passiven Infrarot-Detektors und Infrarot-Detektor zur Durchführung des Verfahrens.**

(57) Der Infrarot-Detektor enthält ein Sensorelement (1) und eine diesem nachgeschaltete Auswerteschaltung mit einem Verstärker (3), einem Analog/Digital-Wandler (4) und einem Microcontroller (6). Der Microcontroller (6) enthält eine Pulsverarbeitungsstufe (5), in der die digitalisierten Sensorsignale in Pulse

umgeformt werden, und einen Fuzzy-Controller (7), dem diese Pulse zugeführt sind. Im Fuzzy-Controller (7) werden jeweils mehrere aufeinanderfolgende Pulse mit in Form von linguistischen Variablen gespeicherten Regeln verglichen.

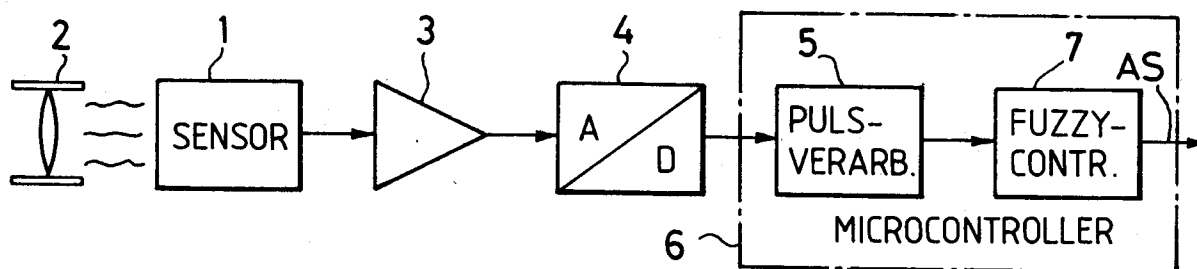


FIG. 1

EP 0 646 901 A1

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verarbeitung der Signale eines passiven Infrarot-Detektors, welcher in Abhängigkeit von einer auftreffenden Infrarot-Strahlung nachfolgend als Sensorsignale bezeichnete elektrische Signale erzeugt und diese anschliessend auswertet.

Bei bekannten Verfahren dieser Art wird im einfachsten Fall entweder das Sensorsignal auf das Ueber- oder Unterschreiten von positiven oder negativen Schwellwerten untersucht, oder es wird die Anzahl der Schwellwertdurchgänge gezählt. Es ist auch bekannt, einen Alarm dann auszulösen, wenn eine aufeinanderfolgende Ueberschreitung einer positiven und einer negativen Schwelle oder umgekehrt stattfindet.

Alle auf einfachen Schwellwerten basierenden Detektoren sind prinzipbedingt sehr störungsanfällig, da ein einziger Störimpuls mit genügend grosser Amplitude einen Fehlalarm auslösen kann. Andererseits verlieren diejenigen Detektoren, bei denen mehrere Impulse gezählt werden, sei dies polaritätsabhängig oder nicht, relativ rasch an Empfindlichkeit, besonders dann, wenn sich ein Eindringling am Rand des Detektionsbereichs befindet oder sich nur durch eine Zone des Bedeckungsmusters bewegt.

Es sind auch Detektionssysteme bekannt, bei denen das Sensorsignal kontinuierlich mit einem Satz abgespeicherter Referenzmuster verglichen und bei genügender Korrelation ein Alarm ausgelöst wird. Diese Systeme sind zwar sehr zuverlässig und empfindlich, sie bedingen aber einen hohen numerischen Aufwand. Und das bedeutet, dass im Detektor zur Bereitstellung der nötigen Speicherkapazität und Leistung ein grosser und damit teurer Prozessor vorgesehen sein muss.

Durch die Erfindung soll nun ein Verfahren der eingangs genannten Art angegeben werden, bei dem eine gute Diskriminierung der einander stark überlappenden Klassen von Störsignalen einerseits und Einbruchssignalen andererseits erfolgt, und zwar bei hoher Detektionsleistung und insbesondere auch im peripheren Ueberwachungsbereich. Ausserdem soll eine einfache Auswertung mit geringem numerischem Aufwand möglich und mit einem einfachen Microcontroller realisierbar sein.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass die Sensorsignale digitalisiert und in Form von Pulsen verarbeitet werden, dass die Pulse durch Daten charakterisiert werden, und dass die Auswertung dieser Pulse mittels einer Fuzzy-Logik erfolgt, wobei jeweils die Daten einer Reihe von mehreren Pulsen mit in Form linguistischer Variabler gespeicherten Regeln verglichen werden.

Die Erfindung betrifft weiter einen Infrarot-Detektor zur Durchführung des genannten Verfahrens, mit mindestens einem Sensorelement zur Erzeugung der Sensorsignale und mit einer Auswerte-

schaltung zu deren Verarbeitung und Auswertung.

Der erfindungsgemässe Infrarot-Detektor ist dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteschaltung einen Fuzzy-Controller enthält, dem die Pulsdaten zugeführt sind.

Durch die Verarbeitung der Sensorsignale in Pulsform findet eine starke Reduktion der Datenrate statt, wodurch eine wesentliche Voraussetzung für eine einfache Auswertung geschaffen ist. Definitionsgemäss beginnt ein Puls dann, wenn sich das Signal in positiver oder negativer Richtung von der Ruhelage entfernt, und er endet bei der Rückkehr in die Ruhelage. Es werden die den Puls charakterisierenden Daten, wie Amplitude, Dauer, Polarität, Abstand und dergleichen gespeichert, und es wird für die Auswertung immer eine Pulsdatenreihe, das sind die Daten einer Reihe von aufeinanderfolgenden Pulsen, verwendet.

Die Verwendung der Fuzzy-Logik anstatt von strenger klassischer Logik bei der Signalauswertung hat den Vorteil, dass die Regeln für die Auswertung auf einer empirischen Wissensbasis basieren können, die in klassische analytische Algorithmen nur wesentlich umständlicher und aufwendiger umsetzbar wäre.

Für die Untersuchung auf Alarmplausibilität steht immer die Pulsdatenreihe einer Anzahl vergangener Pulse zur Verfügung, wobei die Kriterien für die Alarmauslösung in Form von Fuzzy-Verknüpfungen der zuvor fuzzifizierten, das heisst, in linguistische Variable transformierten, Pulsdaten formuliert sind. Die Kriterien enthalten also in linguistischer Form eine Wissensbasis über die Zuordnung einer Pulsreihe zur Klasse Einbruch oder Störung, wobei der Inhalt der Wissensbasis die Gesamtheit von aus der Beobachtung von zahllosen Gehtests gewonnenen und der mit Störsignalen gemachten Erfahrungen darstellt.

Die per definitionem unscharfen Fuzzy-Sets liefern ein ebenso unscharfes Ergebnis, dessen Defuzzifizierung eine scharfe Entscheidung für oder gegen einen Alarm liefert. Die Regeln in linguistischer Form im Microcontroller der Auswerteschaltung benötigen nur einen minimalen Speicherbedarf. Ausserdem sind die Fuzzifizierung und die Defuzzifizierung, also die Umsetzung scharfer Zahlen in unscharfe Bereiche, bzw. die Gewinnung von eindeutigen oder scharfen Aussagen aus unscharfen Bereichen, numerisch wesentlich anspruchsloser als die Verarbeitung klassischer Regeln.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels und der Zeichnungen näher erläutert; es zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemässen IR-Detektors,

Fig. 2 ein Detail des Schaltbildes von Fig. 1;

und
Fig. 3 ein Diagramm zur Funktionserläuterung.

Gemäss Fig. 1 enthält ein erfindungsgemässer IR-Detektor ein Sensorelement 1, welches über eine zugeordnete Optik 2 einer bestimmten Brennweite mit IR-Strahlung aus dem zu überwachenden Raum beaufschlagt ist und in Abhängigkeit vom Pegel der auftreffenden Strahlung ein nachfolgend als Sensorsignal bezeichnetes elektrisches Signal abgibt. Die Verwendung eines einzigen Sensorelements 1 ist nicht einschränkend zu verstehen; es können selbstverständlich auch zwei oder mehr Sensorelemente vorgesehen sein. Das Sensorsignal wird von einem Verstärker 3 verstärkt, und dessen Ausgangssignal wird einem Analog/Digital-Wandler 4 zugeführt und gelangt nach erfolgter Digitalisierung in eine Pulsverarbeitungsstufe 5, die Teil eines Microcontrollers 6 bildet. Der Microcontroller 6 enthält ausserdem noch einen Fuzzy-Controller 7.

In der Pulsverarbeitungsstufe 5 werden die digitalisierten Sensorsignale zuerst in der Datenrate stark reduziert, indem sie als "Pulse" gespeichert werden. Ein solcher Puls beginnt definitionsgemäss dann, wenn sich das Signal in positiver oder negativer Richtung von der Ruhelage genügend weit entfernt hat, und er endet bei der Rückkehr in die Ruhelage. Jeder Puls wird durch ihn charakterisierende Daten, wie Amplitude, Dauer, Polarität, Abstand und dergleichen beschrieben und diese Daten werden gespeichert.

Die Optik 2 enthält in bekannter Weise ein Spiegelsystem, welches einer Vielzahl von optischen Bündelungsmitteln entspricht und die IR-Strahlung aus einer Vielzahl von fächerartigen Strahlungsempfangsbereichen auf den Sensor 1 fokussiert (siehe dazu beispielsweise die GB-A-2 047 886 oder die EP-A-0 361 224). Diese Strahlungsempfangsbereiche sind diskrete Zonen, wobei ein eine solche Zone passierendes Objekt beim Eindringen ein positives und beim Verlassen ein negatives Sensorsignal bewirkt, die beide zusammen ein charakteristisches Signal ergeben. Ein derartiges Signal kann beispielsweise durch die Pulse klein positiv, gross positiv, gross negativ und klein negativ innerhalb einer bestimmten Zeitspanne beschrieben werden. Bei der Auswertung werden dann die aus dem Sensorsignal abgeleiteten Pulse daraufhin untersucht, ob sie eine für das Eindringen einer Person charakteristische Art und Konfiguration aufweisen, wobei immer eine Gruppe von mehreren aufeinanderfolgenden Pulsen untersucht wird.

Die Praxis hat gezeigt, dass innerhalb des betrachteten Zeitfensters aus dem digitalisierten Sensorsignal in der Regel höchstens drei, maximal vier, derartige Pulse gewonnen werden können, so

dass es nicht sinnvoll ist, mehr als vier Pulse zu untersuchen. Man geht bei dieser Untersuchung so vor, dass immer die letzten vier Pulse gespeichert und untersucht werden, wobei die Untersuchung im Fuzzy-Controller 7 erfolgt.

Gemäss Fig. 2 enthält der Fuzzy-Controller 7 in bekannter Weise eine Regelbasis 8, eine Inferenzmaschine 9, ein Prozess-Interface 10, und ein Aktions-Interface 11, an dessen Ausgang bei Detektion eines unerwünschten Eindringlings im überwachten Raum ein Alarmsignal AS erhältlich ist. Bezüglich der Fuzzy-Logik wird auf die mittlerweile umfangreiche Literatur zu diesem Thema verwiesen, beispielsweise auf das Buch "Fuzzy Set Theory and its Applications" von H.-J. Zimmermann, Kluwer Academic Publishers, 1991.

Die Regelbasis 8 enthält in bekannter Weise einen Satz linguistischer Regeln für die Auswertung der Pulse. Ausgehend von diesen Regeln wird ein Algorithmus konstruiert, bei dem die Werte als sogenannte Fuzzy-Sets, das sind unscharfe Mengen, definiert sind. Linguistische Variable sind Wörter und Ausdrücke der Umgangssprache oder einer natürlichen Sprache. Diese Variablen sollen als Werte die natürlichsprachigen Ausdrücke (klein, mittel, gross) annehmen können, wobei diese Ausdrücke Namen für die genannten Fuzzy-Sets sind.

Die Regeln der Fuzzy-Logik bestehen ebenso wie der klassischen Logik aus einem Bedingungs- oder Prämissenteil und aus einem Schlussfolgerungsteil. Der Bedingungsteil ist in Fig. 2 durch das Prozess-Interface 10 und der Schlussfolgerungsteil durch das Aktions-Interface 11 symbolisiert. Die Inferenzmaschine 9 verknüpft die Einflussrichtung und die Stärke der momentanen Zustände in den Fuzzy-Sets aufgrund von empirischem technologischem Wissen.

Fig. 3 zeigt anhand einer graphischen Darstellung mit einer typischen Fuzzy-Regel die Grundzüge eines Fuzzy-Controllers. Die in der Figur als Regel 1 bezeichnete Regel lautet: "Falls A = GROSS und B = NORMAL, dann X = KLEIN". Die Regel 2 lautet: beispielsweise: "Falls B = NORMAL und C = KLEIN, dann X = NORMAL". A, B und C sind Eingangsvariable, X sind Ausgangsvariable. Der mit "falls" beginnende Satzteil ist der Bedingungsteil, der mit "dann" beginnende der Schlussfolgerungsteil.

Zentraler Begriff der Fuzzy-Logik sind die Fuzzy-Sets oder unscharfen Mengen, wobei die Zugehörigkeit von Elementen zu einem Fuzzy-Set durch die sogenannte Zugehörigkeits- oder Membership-Funktion definiert ist. Während bei scharfen Mengen eine Eins die Zugehörigkeit und eine Null Nichtzugehörigkeit bedeutet, sind bei den Fuzzy-Sets als Werte für die Zugehörigkeitsfunktion nicht nur Null oder Eins, sondern beliebige Werte dazwischen zugelassen.

Die Umwandlung von scharfen Zahlen in unscharfe Mengen wird als Fuzzyfizierung bezeichnet. Bei dieser hat jede Eingangsvariable, das ist in der Praxis beispielsweise ein Sensorsignal, mindestens eine als Matrix abgebildete Funktion. Die x-Skalierung dieser Funktion hat eine numerische Entsprechung im jeweiligen Sensorsignal, und die y-Skalierung entspricht dem Wahrheitsgehalt oder dem Grad der Annäherung an die entsprechende Aussage und kann jeden Wert von 0 bis 1 annehmen. Dieser Grad der Annäherung wird durch die Zugehörigkeitsfunktion berechnet.

Für die im Bedingungsteil vorhandenen Aussagen wird mit einem geeigneten Operator eine Grösse für die Zugehörigkeitswerte gesucht; ist diese Grösse der Minimalwert der Zugehörigkeitsfunktion, dann ist der Operator so wie in Fig. 3 der Minimum-Operator und dieser ist wiederum der Durchschnitt der beiden Fuzzy-Sets für die Eingangsvariablen A und B. Das Ergebnis der Schlussfolgerung der beiden Regeln 1 und 2 ist also der Durchschnitt durch die Fuzzy-Sets für A und B bzw. B und C.

Aus diesen Schlussfolgerungen wird nun eine scharfe Ausgangsgrösse berechnet (Aktions-Interface 11, Fig. 2). Wenn so wie in Fig. 3 Schlussfolgerungen aus mehreren Regeln vorhanden sind, dann werden die Zugehörigkeitswerte für die jeweiligen Regeln synthetisiert. Und das geschieht beispielsweise durch einen Vergleich zwischen den Schlussfolgerungsteilen der Regeln, um den Maximalwert der Zugehörigkeitswerte der Schlussfolgerungsteile zu erhalten und eine neue Zugehörigkeitsfunktion zu erzeugen. Dieser Vorgang wird als Maximum-Operator bezeichnet; er stellt die Vereinigung der Schlussfolgerungsteile dar.

Anschliessend wird aus dem von der Inferenzmaschine 9 (Fig. 2) gelieferten unscharfen Ergebnis eine scharfe Ausgangsgrösse berechnet, was beispielsweise durch Berechnung des Schwerpunkts der synthetischen Zugehörigkeitsfunktion erfolgt.

Der Entwurf des Fuzzy-Controllers 7 (Fig. 1, 2) wird grob in folgenden Schritten vollzogen:

- Definition aller Eingangs- und Ausgangsvariablen:
Die Eingangsvariablen sind im vorliegenden Fall die aus dem Sensorsignal gewonnenen Pulse charakterisierenden Daten und ein Zeitfenster, die Ausgangsvariable ist ein Wert, der angibt, ob es sich um eine blosser Störung oder um ein unbefugtes Eindringen handelt.
- Definition der unscharfen Mengen (Fuzzy-Sets) für die linguistischen Variablen.
- Aufstellen der Regeln:
Eine geeignete Regel ist beispielsweise die, dass unbefugtes Eindringen dann vorliegt,

wenn die Bedingung einer Pulsreihe aus drei aufeinanderfolgenden Pulsen mit den Amplituden klein positiv, gross negativ und klein positiv im Zeitraum lang erfüllt ist.

- Festlegung der Inferenzmaschine:

Es wird als Operator beispielsweise eine spezielle UND-Funktion, das sogenannte FUZZY-UND der Form

$$F = y * \min(A, B) + 0.5 * (1 - y) * (A + B)$$

gewählt, wobei A und B die Eingangsvariablen sind und y ein Gamma-Faktor. Für den Gamma-Faktor $y = 1$ geht der FUZZY-UND-Operator in den Minimum-Operator (Fig. 3) über.

- Definition der Berechnung der scharfen Ausgangsgrössen:

Diese auch als Defuzzyfizierung bezeichnete Operation, bei der aus einer unscharfen Menge über eine Ausgangszugehörigkeitsfunktion eine scharfe Grösse gewonnen wird, erfolgt vorzugsweise so wie in Fig. 3 durch Schwerpunktbildung.

Die beschriebene Signalverarbeitung in IR-Detektoren ermöglicht eine gute und saubere Trennung zwischen Einbruchs- und Störsignalen bei hoher Detektionsleistung. Insbesondere können auch stark verrauschte Sensorsignale und Signale aus dem peripheren Ueberwachungsbereich eindeutig ausgewertet werden. Durch die Speicherung der Sensorsignale in Form von Pulsen ergibt sich eine starke Reduktion des Speicherbedarfs, insbesondere auch desjenigen für die Regeln in linguistischer Form. Dazu kommt, dass die Fuzzyfizierung und die Defuzzyfizierung numerisch relativ anspruchslos sind und einen geringen Aufwand erfordern, der schon mit einem einfachen Microcontroller realisierbar ist.

Durch die für die Fuzzy-Logik typischen unscharfen Formulierungen ist es unwahrscheinlich, dass ein Signal aufgrund einer knapp verpassten Bedingung verworfen wird. Die beschriebene Verarbeitung entspricht eher den sehr verschiedenen und unscharfen Einbruchssignalen. Der Algorithmus ist durch die Fuzzy-Formulierung im Kern einfach und transparent. Sobald er einmal geschrieben ist, gilt er auch für sich ändernde Rahmenbedingungen, wobei in diesem Fall nur einige Konstanten geändert werden müssen (sogenannte Parametrierung). Die Konstanten werden aufgrund von Versuchen und Simulationen optimiert.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verarbeitung der Signale eines passiven Infrarot-Detektors, welcher in Abhängigkeit von einer auftreffenden Infrarot-Strah-

- lung im folgenden als Sensorsignale bezeichnete elektrische Signale erzeugt und diese anschliessend auswertet, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensorsignale digitalisiert und in Form von Pulsen verarbeitet werden, dass die Pulse durch Daten charakterisiert werden, und dass die Auswertung dieser Pulse mittels einer Fuzzy-Logik (7) erfolgt, wobei jeweils die Daten einer Reihe von mehreren Pulsen mit in Form linguistischer Variabler gespeicherten Regeln verglichen werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Umwandlung der digitalisierten Sensorsignale in Pulse der Verlauf der Signale untersucht, und dass bei einer bestimmten Entfernung des Signals von seiner Ruhelage ein Pulsbeginn und bei der Rückkehr in die Ruhelage ein Pulsende gesetzt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass als charakterisierende Daten zur Beschreibung der Pulse deren Amplitude und/oder Dauer verwendet werden.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass als charakterisierende Daten zur Beschreibung der Pulse deren Polarität und/oder gegenseitiger Abstand verwendet werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass jeweils die Daten der letzten n aufeinanderfolgenden Pulse mit den gespeicherten Regeln verglichen werden, wobei der Wert von n zwischen 2 und 4 liegt und vorzugsweise 3 beträgt.
6. Infrarot-Detektor zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, mit mindestens einem Sensorelement zur Erzeugung der Sensorsignale und mit einer Auswerteschaltung zu deren Verarbeitung und Auswertung, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteschaltung einen Fuzzy-Controller (7) enthält, dem die Pulsdaten zugeführt sind.
7. Infrarot-Detektor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Fuzzy-Controller (7) eine Regelbasis (8) und eine Inferenzmaschine (9) enthält und Teil eines Microcontrollers (6) bildet.
8. Infrarot-Detektor nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die in der Regelbasis (8) des Fuzzy-Controllers (7) gespeicherten Regeln von der Art sind, dass ihr Bedingungsteil über Anzahl und Daten von Pulsen und über den Zeitraum des Auftretens der Pulse enthält.
9. Infrarot-Detektor nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Inferenzmaschine (9) des Fuzzy-Controllers als Operator eine FUZZY-UND-Funktion aufweist.

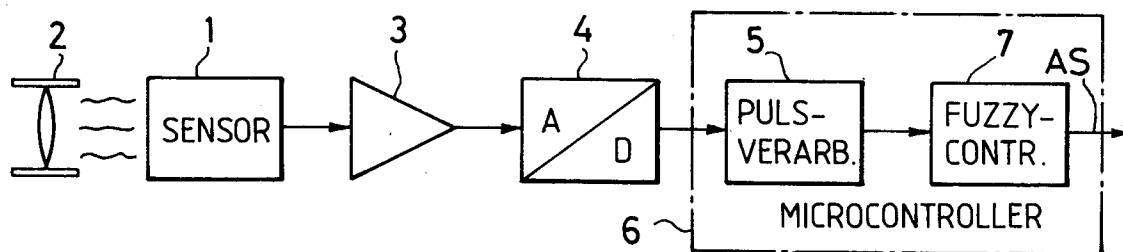


FIG. 1

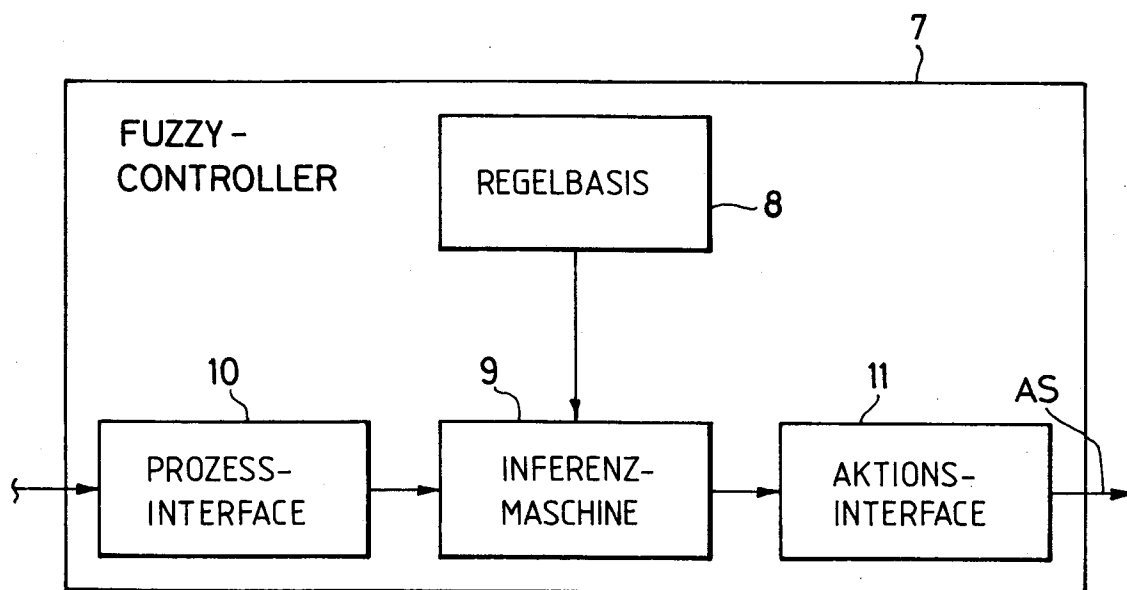


FIG. 2

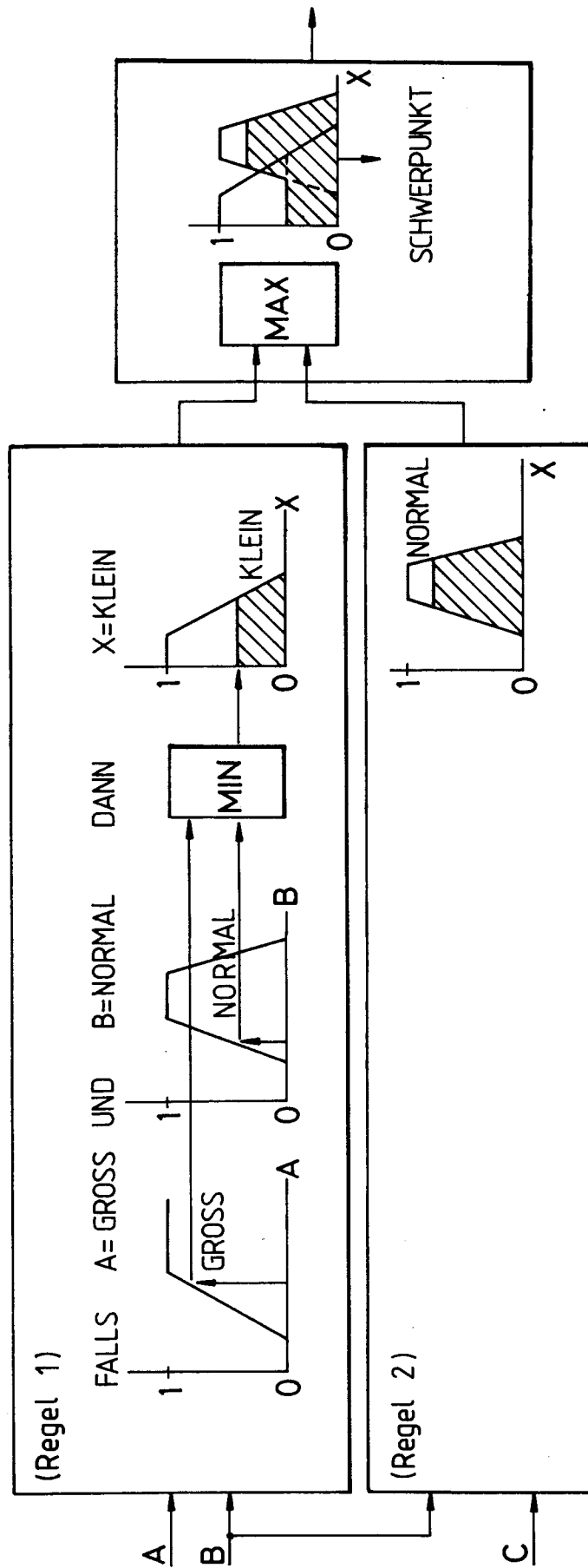


FIG. 3



European Patent
Office

EUROPEAN SEARCH REPORT

Application Number
EP 94 11 3876

DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT			
Category	Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages	Relevant to claim	CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (Int.Cl.6)
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 17, no. 281 (P-1548) 31 May 1993 & JP-A-50 018 827 (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 26 January 1993 * abstract *	1,6-8	G08B13/19
Y	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 17, no. 40 (P-1475) 26 January 1993 & JP-A-42 056 130 (NISSAN MOTOR CO LTD) 10 September 1992 * abstract * & DATABASE WPI Derwent Publications Ltd., London, GB; AN 94-034616 C04! & US-A-5 280 624 (NISSAN MOTOR CO LTD) 18 January 1994 * abstract *	1,6-8	
A	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 17, no. 357 (P-1568) 6 July 1993 & JP-A-50 052 963 (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 2 March 1993 * abstract *	1,6-8	TECHNICAL FIELDS SEARCHED (Int.Cl.6)
A	--- EP-A-0 107 042 (CERBERUS AG) * the whole document *	1	G08B
The present search report has been drawn up for all claims			
Place of search THE HAGUE		Date of completion of the search 29 December 1994	Examiner Reekmans, M
CATEGORY OF CITED DOCUMENTS X : particularly relevant if taken alone Y : particularly relevant if combined with another document of the same category A : technological background O : non-written disclosure P : intermediate document T : theory or principle underlying the invention E : earlier patent document, but published on, or after the filing date D : document cited in the application L : document cited for other reasons & : member of the same patent family, corresponding document			