

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 865 646 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

13.03.2002 Patentblatt 2002/11

(21) Anmeldenummer: **97939930.0**

(22) Anmeldetag: **19.09.1997**

(51) Int Cl.7: **G08B 17/02**, G06F 17/00

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/CH97/00354

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 98/15931 (16.04.1998 Gazette 1998/15)

(54) **VERFAHREN ZUR ANALYSE DES SIGNALS EINES GEFAHRENMELDERS UND
GEFAHRENMELDER ZUR DURCHFÜHRUNG DES VERFAHRENS**

METHOD FOR ANALYZING THE SIGNALS OF A DANGER ALARM SYSTEM AND DANGER ALARM SYSTEM FOR IMPLEMENTING SAID METHOD

PROCEDE D'ANALYSE DU SIGNAL D'UN AVERTISSEUR DE DANGER, ET AVERTISSEUR DE DANGER POUR LA MISE EN OEUVRE DE CE PROCEDE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE ES FI FR GB IT LI NL PT SE

(30) Priorität: **04.10.1996 EP 96115952**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
23.09.1998 Patentblatt 1998/39

(73) Patentinhaber: **Siemens Building Technologies AG**
8034 Zürich (CH)

(72) Erfinder: **THUILLARD, Marc, Pierre**
CH-8707 Uetikon am See (CH)

(74) Vertreter: **Dittrich, Horst, Dr.**
Siemens Building Technologies AG,
Fire & Security Products
8708 Männedorf (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 706 142 EP-A- 0 718 814
US-A- 4 866 420

- **MUFTI M ET AL: "AUTOMATED FAULT DETECTION AND IDENTIFICATION USING A FUZZY-WAVELET ANALYSIS TECHNIQUE" CONFERENCE RECORD AUTOTESTCON '95, ATLANTA, AUG. 8 - 10, 1995, Bd. 31, 8.August 1995, INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, Seiten 169-175, XP000555102**
- **AKAY Y M ET AL: "NONINVASIVE DETECTION OF CORONARY ARTERY DISEASE" IEEE ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY MAGAZINE, Bd. 13, Nr. 5, November 1994, Seiten 761-764, XP000598968**
- **CHAKRABARTI C ET AL: "EFFICIENT REALIZATIONS OF THE DISCRETE AND CONTINUOUS WAVELET TRANSFORMS: FROM SINGLE CHIP IMPLEMENTATIONS TO MAPPINGS ON SIMD ARRAY COMPUTERS" IEEE TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING, Bd. 43, Nr. 3, 1.März 1995, Seiten 759-771, XP000507252**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 0 865 646 B1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Analyse des Signals eines Gefahrenmelders mittels Frequenzanalyse und Fuzzy-Logik-Auswertung, sowie einen Gefahrenmelder zur Durchführung dieses Verfahrens. Der Gefahrenmelder kann beispielsweise ein Flammenmelder, Geräuschmelder, Brandmelder, passiver Infrarotmelder oder dergleichen sein.

[0002] Die Ausgangssignale von Gefahrenmeldern sind häufig durch für sie typische Frequenzspektren gekennzeichnet. Durch Analyse dieser Frequenzspektren kann die Herkunft der Signale bestimmt werden, und es können vor allem echte Alarmsignale von Störsignalen unterschieden und dadurch Fehlalarme vermieden werden. Insbesondere bei Flammenmeldern wird das typische niederfrequente Flackern einer Flamme analysiert, um die Strahlung von echten Flammen von derjenigen einer Störquelle, wie zum Beispiel reflektiertem Sonnenlicht, oder einer flackernden Lichtquelle, unterscheiden zu können.

[0003] Die Ausgangssignale von Gefahrenmeldern werden beispielsweise mittels Fourier-Analyse, Fast-Fourier-Analyse, Zero-Crossing-Methode oder Turning-Point-Methode analysiert. Die letztere ist in der GB-A 2 277 989 in Anwendung an Flammenmeldern beschrieben, wobei die Zeitspannen zwischen Strahlungsmaxima gemessen und auf ihre Regelmässigkeiten und Unregelmässigkeiten überprüft und unregelmässig auftretende Strahlungsmaxima als Flamme und regelmässige als Störung interpretiert werden.

[0004] Die Fuzzy-Logik ist allgemein bekannt. In bezug auf die vorliegende Erfindung ist hervorzuheben, dass Signalwerte sogenannten Fuzzy sets, oder unscharfen Mengen, gemäss einer Zugehörigkeitsfunktion zugeteilt werden, wobei der Wert der Zugehörigkeitsfunktion, oder der Grad der Zugehörigkeit zu einer unscharfen Menge, zwischen null und eins beträgt. Wichtig dabei ist, dass die Zugehörigkeitsfunktion normalisierbar ist, d.h. die Summe aller Werte der Zugehörigkeitsfunktion gleich eins ist, wodurch die Fuzzy-Logik-Auswertung eine eindeutige Interpretation des Signals erlaubt.

[0005] Bei einem in der EP-A 0 718 814 beschriebenen Flammenmelder wird die Frequenz der detektierten Strahlung analysiert und dabei zwischen regelmässigen und unregelmässigen Signalen in bestimmten Frequenzbereichen unterschieden. Die Auswertung der verschiedenen Signale in den gegebenen Frequenzbereichen erfolgt nach mehreren Fuzzy-Logik-Regeln. Durch dieses Verfahren ist eine genauere Unterscheidung zwischen echten Flammensignalen und anderen Störsignalen und somit die Fehlalarmssicherheit ermöglicht. Die Erzeugung des Frequenzspektrums erfolgt hier zum Beispiel durch schnelle Fourier-Transformation, was bezüglich der für die Transformation erforderlichen Zeit, des notwendigen Prozessors und der Prozessorkosten aufwendig ist. Für die Bestimmung eines detektierten Signals sind zum Teil bis zu drei Sekunden erforderlich. Für bestimmte Anwendungen ist jedoch eine kürzere Auswertzeit und Reaktionszeit bis zur Alarmgebung erwünscht, wobei Verfahren wie die Zero-Crossing- oder Turning-Point-Methode oder Wavelet-Analyse zwar den Entscheidungsprozess beschleunigen, aber weniger genau sind.

[0006] Der Erfindung ist die Aufgabe gestellt, ein Verfahren zur Frequenzanalyse eines Signals eines Gefahrenmelders zu schaffen, das mit einer Fuzzy-Logik-Auswertung vereinigt ist, und im Vergleich zu Analyseverfahren des Standes der Technik mit einer kleineren Anzahl von Rechenschritten durchgeführt wird, so dass in kürzerer Zeit ein Resultat von gleicher oder höherer Genauigkeit erzielt wird. Ferner soll das Verfahren mit einem einfacheren Prozessor und dadurch kostengünstiger durchführbar sein.

[0007] Die Aufgabe wird erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass das ursprüngliche Signal bei der schnellen Wavelet-Transformation durch eine mehrstufige Filterkaskade von Hoch/Tiefpassfilterpaaren geführt wird, und dass bei jeder Filterstufe der Wavelet-Transformation aus den Resultaten des Hochpassfilters jeweils eine Zugehörigkeitsfunktion erzeugt wird, die zur Weiteranalyse des Frequenzsignals nach Fuzzy-Logik-Regeln verwendet wird.

[0008] Die Wavelet-Transformation ist eine Transformation oder Abbildung eines Signals vom Zeitbereich in den Frequenzbereich (siehe dazu beispielsweise "The Fast Wavelet-Transform" von Mac A. Cody in Dr. Dobb's Journal, April 1992); sie ist also grundsätzlich der Fourier-Transformation und Fast-Fourier-Transformation ähnlich. Sie unterscheidet sich von diesen aber durch die Basisfunktion der Transformation, nach der das Signal entwickelt wird. Bei einer Fourier-Transformation wird eine Sinus- und Cosinus-Funktion verwendet, die im Frequenzbereich scharf lokalisiert und im Zeitbereich unbestimmt ist. Bei einer Wavelet-Transformation wird ein sogenanntes Wavelet oder Wellenpaket verwendet. Hiervon gibt es verschiedene Typen wie zum Beispiel ein Gauss-, Spline- oder Haar-Wavelet, die jeweils durch zwei Parameter beliebig im Zeitbereich verschoben und im Frequenzbereich gedehnt oder komprimiert werden können.

[0009] Es können also durch eine Wavelet-Transformation sowohl im Zeit- als auch im Frequenzbereich lokalisierte Signale transformiert werden. Eine schnelle Wavelet-Transformation erfolgt durch den Pyramiden-Algorithmus nach Mallat, der auf wiederholter Anwendung eines Tiefpass- und Hochpassfilters beruht, durch welche die niederfrequenten von den hochfrequenten Signalkomponenten getrennt werden. Dabei wird jeweils das Ausgangssignal des Tiefpassfilters wiederum einem Tief-/Hochpassfilterpaar zugeführt. Es resultiert eine Reihe von Approximationen des ursprünglichen Signals, wovon jede eine gröbere Auflösung besitzt als die vorhergehende. Die Anzahl Operationen, die für die Transformation erforderlich sind, ist jeweils proportional zur Länge des ursprünglichen Signals, während bei der Fou-

rier-Transformation diese Anzahl überproportional zur Signallänge ist. Die schnelle Wavelet-Transformation kann auch invers durchgeführt werden, indem das ursprüngliche Signal aus den approximierten Werten und Koeffizienten für die Rekonstruktion wiederhergestellt wird. Der Algorithmus für die Zerlegung und Rekonstruktion des Signals und eine Tabelle der Koeffizienten der Zerlegung und Rekonstruktion sind am Beispiel für ein Spline Wavelet in "An Introduction to Wavelets" von Charles K. Chui (Academic Press, San Diego, 1992) angegeben.

[0010] Bei Anwendung in einem Gefahrenmelder erlauben die Resultate der Fuzzy-Auswertung einen Entscheid darüber, ob ein Alarm- oder ein Störsignal vorliegt. Die Anzahl der für die Wavelet-Analyse erforderlichen Rechenschritte ist im Vergleich zu Fourier-Analysen bedeutend reduziert. Dadurch ist die notwendige Rechnerzeit zur Identifizierung des Signals verkürzt, und es verringern sich die Kosten für den Prozessor.

[0011] Gemäss der Erfindung wird das ursprüngliche digitalisierte Signal zunächst durch eine schnelle Wavelet-Transformation analysiert. Hierfür wird das Signal nach dem Algorithmus von Mallat durch mehrere Stufen einer Kaskade von Hoch- und Tiefpassfilterpaaren geführt. Aus den Resultaten der Hochpassfilter wird sodann bei jeder Filterstufe eine Zugehörigkeitsfunktion erzeugt, welche die Summe der gerechneten Werte aus dem Hochpassfilter enthält und durch die Summe der Quadrate der ursprünglichen Signalwerte dividiert ist. Die Summe der Zugehörigkeitsfunktionen, die hier bei jeder Filterstufe erzeugt werden, ist gleich oder nahezu gleich eins. Diese normalisierten Zugehörigkeitsfunktionen werden sodann in dieser Form für eine Weiterführung der Frequenzanalyse mit Fuzzy-Logik verwendet.

[0012] Eine Frequenzanalyse dieser Art ergibt folgende Vorteile: Die Hochpassfilter der Wavelet-Transformation ergeben zuerst Informationen über die hochfrequenten Signale. Dies ist insbesondere in der Flammenmeldung vorteilhaft, da mit der Information über die höheren Frequenzen die Identifizierung der Art des Signals beschleunigt und ihre Genauigkeit erhöht werden kann. Wird zum Beispiel ein hochfrequentes Signal von über 15 Hz entdeckt, wird dieses als Störsignal gedeutet. Die darauffolgende Meldung, Störsignal oder Alarmsignal, erfolgt früher und ist mit grösserer Sicherheit richtig. Wavelets sind in ihrer Form oft sehr einfach, wie zum Beispiel ein Haar-Wavelet, und ermöglichen eine Analyse mit wenigen Rechenschritten, was die Rechenzeit und die Entscheidungszeit zusätzlich verkürzt. Die Verkürzung der Entscheidungszeit ist jedoch nicht mit einer Einbusse in der Genauigkeit der Signalidentifizierung verbunden. Sind weniger Zeilen von Code erforderlich, kann auch ein kostengünstiger Prozessor eingesetzt werden.

[0013] Eine erste bevorzugte Ausführung des erfindungsgemässen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass das für die schnelle Wavelet-Transformation verwendete Wavelet ein orthonormales oder semi-orthonormales Wavelet oder auch eine Wavelet-Paket-Basis ist, und dass die erzeugten Zugehörigkeitsfunktionen jeweils die durch die Wavelet-Koeffizienten gewichtete Summe der quadrierten Werte des Hochpassfilters und die Summe der quadrierten Werte des ursprünglichen Signals enthalten und in normalisierter Form für die Weiteranalyse des Frequenzsignals nach Fuzzy-Logik-Regeln verwendet werden.

[0014] Bei einer zweiten bevorzugten Ausführungsform ist das für die schnelle Wavelet-Transformation verwendete Wavelet ein orthonormales oder semi-orthonormales Wavelet oder eine Wavelet-Paket-Basis und die erzeugten Zugehörigkeitsfunktionen enthalten jeweils die Summe der quadrierten Ausgangswerte des Hochpassfilters und die Summe der quadrierten Werte des ursprünglichen Signals des Gefahrenmelders und werden in normalisierter Form für die Auswertung des Frequenzsignals nach Fuzzy-Logik-Regeln verwendet.

[0015] Der erfindungsgemässe Gefahrenmelder zur Durchführung des genannten Verfahrens enthält einen Sensor für eine Gefahrenkenngrosse, eine Auswerteelektronik mit Mitteln zur Verarbeitung des Ausgangssignals des Sensors und einen Mikroprozessor mit einem Fuzzy-Controller. Dieser Gefahrenmelder ist dadurch gekennzeichnet, dass der Mikroprozessor ein Software-Programm aufweist, nach dem der Fuzzy-Controller Teil eines Fuzzy-Wavelet-Controllers ist, und dass das durch die Auswerteelektronik verarbeitete und dem Fuzzy-Controller zugeführte Signal wavelet-transformiert ist.

[0016] Im folgenden wird die Erfindung anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert; es zeigt:

Fig. 1 ein Blockschema eines Verfahrens mit einer schnellen Wavelet-Analyse durch mehrere Filterstufen und Weiteranalyse durch Fuzzy-Logik,

Fig. 2 Darstellungen von Zugehörigkeitsfunktionen am Beispiel einer Frequenzanalyse mittels einer schnellen Haar-Wavelet-Transformation,

Fig. 3 ein Blockschema eines Gefahrenmelders zur Durchführung des Verfahrens von Fig. 1; und

Fig. 4 ein Blockschema für die Implementierung des Verfahrens von Fig. 1 in einem Gefahrenmelder.

[0017] Gemäss Fig. 1 wird mit dem Ausgangssignal $x_{0,k}$ zunächst eine schnelle Wavelet-Transformation 1 mittels eines beliebigen Wavelet der aus dem Stand der Technik bekannten Art durchgeführt. Vorzugsweise wird ein orthonormales oder semi-orthonormales Wavelet oder eine Wavelet-Paket-Basis verwendet. In der Figur sind die Signalwerte mit $x_{i,k}$ und $y_{i,k}$ bezeichnet, wobei x die ursprünglichen Signalwerte und die Werte aus den Tiefpassfiltern (LP)

und y die Werte aus den Hochpassfiltern (HP) bedeuten. Der Index i bezeichnet in steigender Zahl die Stufe der Filterkaskade, wobei das ursprüngliche Signal auf Stufe Null ist. Der Index k bezeichnet einen individuellen Wert eines Signals. Es wird von einem ursprünglichen Signal $x_{0,k}$ auf der Stufe Null ausgegangen, das durch mehrere Filterungen transformiert wird. Das Ausgangssignal des ersten Hochpassfilters ergibt die Werte $y_{1,k}$ und das Ausgangssignal des ersten Tiefpassfilters, das zugleich das Eingangssignal für die zweite Filterstufe bildet, die Werte $x_{1,k}$. Das Ausgangssignal des zweiten Hochpassfilters ergibt die Werte $y_{2,k}$, das des zweiten Tiefpassfilters $x_{2,k}$ wird einem dritten Filterpaar zugeführt, usw. Es ist hier zu bemerken, dass die Anzahl Werte, die aus den Filterstufen hervorgehen, jeweils bei jeder Stufe verschieden ist. Genauer gesagt, bei jeder Stufe verkleinert sich die Anzahl der Werte um den Faktor zwei. Bei der Stufe i+1 werden beispielsweise die Ausgangswerte eines Hochpassfilters durch

$$y_{i+1,k} = \sum_l a_{l-2k} x_{i,l}$$

und die Ausgangswerte eines Tiefpassfilters durch

$$x_{i+1,k} = \sum_l b_{l-2k} x_{i,l}$$

ausgedrückt.

[0018] Die Koeffizienten a und b für die Transformation sind im allgemeinen bekannt und können mit Hilfe des genannten Buches von Chui berechnet werden. Beispielsweise sind für ein Haar-Wavelet $a_0=a_1=1/2$, $b_0=1/2$ und $b_1=-1/2$. Der Index l nimmt jeweils ganzzahlige Werte an, für die die Koeffizienten ungleich null sind. Die Rekonstruktion des ursprünglichen Signals erfolgt stufenweise, indem die Werte jeder Filterstufe aus den Werten der vorherigen Stufe erstellt werden, nämlich

$$x_{i,k} = \sum_l (p_{k-2l} x_{i+1,l} + q_{k-2l} y_{i+1,l})$$

[0019] Die Koeffizienten p und q für die Wavelet-Rekonstruktion sind in dem schon genannten Buch zu finden.

[0020] Anschliessend werden aus den Ausgangswerten des Hochpassfilters der jeweiligen Filterstufe und den dazugehörigen Koeffizienten q für die Wavelet-Rekonstruktion die Zugehörigkeitsfunktionen μ_i erzeugt. Dabei ist

$$\mu_i = \frac{\sum_l (q_{k-2l} y_{i,l})^2}{\sum_{l'} (x_{0,l'})^2} \quad \text{für } i=1, 2, \dots, N \quad (\text{Gleichung 1})$$

und

$$\mu_{N+1} = \frac{\sum_l (p_{k-2l} x_{N,l})^2}{\sum_{l'} (x_{0,l'})^2} \quad \text{für } i=N+1,$$

wobei N die Anzahl der Filterstufen ist. Die letztere Funktion μ_{N+1} wird also durch die Ausgangswerte des letzten Tiefpassfilters gebildet. Diese Zugehörigkeitsfunktionen sind normalisiert, indem

$$\sum_i \mu_i = 1.$$

[0021] Eine oft gute Annäherung dieser Zugehörigkeitsfunktionen ist durch folgende Gleichung gegeben:

$$\mu_i = \frac{\sum_l (y_{i,l})^2}{\sum_{l'} (x_{0,l'})^2} \quad \text{für } i=1, 2, \dots, N,$$

und

$$\mu_{N+1} = \frac{\sum_l (x_{N,l})^2}{\sum_{l'} (x_{0,l'})^2} \quad \text{für } i=N+1.$$

[0022] Bei dieser Annäherung ist die Funktion nahezu normalisiert, indem

$$\sum_i \mu_i \approx 1.$$

[0023] Bei einer besonderen Ausführung des Verfahrens werden die digitalisierten Rohwerte x_0 , k einer schnellen Haar-Analyse unterworfen. Aus den Werten $y_{i,k}$ jeder Filterstufe i werden Zugehörigkeitsfunktionen μ_i gebildet, nämlich:

$$\mu_i = \frac{\sum_l (y_{i,l})^2}{\sum_{l'} (x_{0,l'})^2} \quad \text{für } i=1, 2, \dots, N,$$

und

$$\mu_{N+1} = \frac{\sum_l (x_{N,l})^2}{\sum_{l'} (x_{0,l'})^2} \quad \text{für } i=N+1.$$

[0024] Diese Zugehörigkeitsfunktionen sind in diesem Fall normalisiert, indem

$$\sum_i \mu_i = 1$$

ist.

[0025] In Figur 2 sind Zugehörigkeitsfunktionen μ , die aus den Resultaten einer schnellen Haar-Wavelet-Transformation erzeugt worden sind, als Funktion der Frequenz gezeigt. Von den verschiedenen Kurven illustrieren μ_{N+1} den Grad der Zugehörigkeit von sehr tiefen Frequenzen, μ_N den von tiefen Frequenzen, und μ_1 und μ_2 den Grad der Zugehörigkeit von hohen beziehungsweise mittleren Frequenzen. Es ist hier klar ersichtlich, dass bei jeder gewählten Frequenz die Summe der Kurvenwerte eins beträgt.

[0026] Bei allen Ausführungen des Verfahrens werden diese Zugehörigkeitsfunktionen einem Fuzzy-Logik-Controller

2 (Fig. 1) für die Auswertung nach Fuzzy-Logik-Regeln zugeführt, worauf eine Entscheidung gefällt wird, ob ein Alarmsignal ausgelöst oder das Signal als Störung bewertet wird.

[0027] Bei der Anwendung in Flammenmeldern eignet sich dieses Verfahren zur Unterscheidung zwischen Störsignalen, wie zum Beispiel periodischen Signalen von über 15 Hz, und echten Flammensignalen, wie zum Beispiel schmalbandigen Signalen niederer Frequenz oder breitbandigen Signalen in niederem Frequenzbereich. Durch die schnelle Identifizierung von hochfrequenten Signalen werden die Störsignale dieser Frequenz und deren Resonanzfrequenzen vom Signal eliminiert, was die Frequenzanalyse des Signals beschleunigt. Durch die Beschleunigung der Frequenzanalyse durch die Wavelet-Transformation kann die erforderliche Zeit für eine Entscheidung über die Art des Signals und die abzugebende Meldung von zum Beispiel bisher drei Sekunden auf eine Sekunde verringert werden. Das beschriebene Verfahren ist weiter auch für Geräuschmelder, passive Infrarotmelder, für die Spektralanalyse der Signale einzelner Pixel in der Bildverarbeitung sowie für verschiedene Sensoren wie Gas- und Vibrationssensoren geeignet.

[0028] Figur 3 zeigt ein Schema eines Gefahrenmelders 3 zur Durchführung des beschriebenen Verfahrens. Darstellungsgemäss weist der Gefahrenmelder 3 einen Sensor 4 zur Detektion einer Gefahrenkenngrosse, eine Auswerteelektronik 5, einen Mikroprozessor 6 und den Fuzzy-Controller 2 auf. Die Gefahrenkenngrosse kann zum Beispiel die Intensität der von einer Flamme abgegebenen Strahlung, das akustische Signal eines Geräusches, die von einem warmen Körper abgegebenen Infrarotstrahlung oder das Ausgangssignal einer CCD-Kamera sein.

[0029] Das Ausgangssignal des Sensors 4 wird der Auswerteelektronik 5 zugeführt, welche geeignete Mittel zur Verarbeitung des Signals, wie zum Beispiel Verstärker, aufweist, und gelangt von der Auswerteelektronik 5 in den Mikroprozessor 6. Der Fuzzy-Controller 2 (Fig. 1) ist hier als Software im Mikroprozessor 6 integriert. Insbesondere ist der Fuzzy-Controller Teil eines Fuzzy-Wavelet-Controllers, der die Fuzzy-Logik-Theorie mit der Wavelet-Theorie verknüpft. Der Mikroprozessor 6 enthält beispielsweise ein Software-Programm der in Figur 4 gezeigten Art, welches das Eingangssignal einer Wavelet-Transformation unterzieht. Das resultierende, transformierte Signal wird sodann dem Fuzzy-Controller 2 zugeführt. Sollte das aus dem Fuzzy-Controller 2 resultierende Signal als Alarm gewertet werden, wird dieses einer Alarmabgabevorrichtung 7 oder einer Alarmzentrale zugeführt.

[0030] Figur 4 zeigt ein Blockschema für die Implementierung des erfindungsgemässen Verfahrens im Mikroprozessor eines Gefahrenmelders, wobei dieser Mikroprozessor einen Fuzzy-Wavelet Controller 8 aufweist. Das Ausgangssignal des Sensors 4 wird nach Auswertung durch die Auswerteelektronik 5 (Fig. 3) dem Fuzzy-Wavelet Controller 8 zugeführt, in dem zunächst das Signal durch eine Kaskade von Filtern 9 geführt wird. Aus den Resultaten 10 jedes Filters 9 werden nach Gleichung 1 die Zugehörigkeitsfunktionen μ_i gebildet. Diese Funktionen werden sodann dem Fuzzy-Controller 2 zur Fuzzy-Analyse zugeführt, der gegebenenfalls ein Signal an die Alarmabgabevorrichtung 7 sendet.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Analyse des Signals eines Gefahrenmelders (3) mittels Frequenzanalyse und Fuzzy-Logik-Auswertung, wobei als Frequenzanalyse eine schnelle Wavelet-Transformation (1) durchgeführt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** das ursprüngliche Signal ($x_{0,k}$) bei der schnellen Wavelet-Transformation (1) durch eine mehrstufige Filterkaskade von Hoch-/Tiefpassfilterpaaren (HP, LP) geführt wird, und dass bei jeder Filterstufe der Wavelet-Transformation aus den Resultaten des Hochpassfilters (HP) jeweils eine Zugehörigkeitsfunktion (μ_i) erzeugt wird, die zur Weiteranalyse des Frequenzsignals nach Fuzzy-Logik-Regeln verwendet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das für die schnelle Wavelet-Transformation (1) verwendete Wavelet ein orthonormales oder semi-orthonormales Wavelet oder eine Wavelet-Paket-Basis ist, und dass die erzeugten Zugehörigkeitsfunktionen (μ_i) jeweils die durch die Wavelet-Koeffizienten gewichtete Summe der quadrierten Werte des Hochpassfilters (HP) und die Summe der quadrierten Werte des ursprünglichen Signals ($x_{0,k}$) des Gefahrenmelders (3) enthalten und in normalisierter Form für die Weiteranalyse des Frequenzsignals nach Fuzzy-Logik-Regeln verwendet werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das für die schnelle Wavelet-Transformation (1) verwendete Wavelet ein orthonormales oder semiorthonormales Wavelet oder eine Wavelet-Paket-Basis ist, und dass die erzeugten Zugehörigkeitsfunktionen (μ_i) jeweils die Summe der quadrierten Ausgangswerte des Hochpassfilters (HP) und die Summe der quadrierten Werte des ursprünglichen Signals ($x_{0,k}$) des Gefahrenmelders (3) enthalten und in normalisierter Form für die Auswertung des Frequenzsignals nach Fuzzy-Logik-Regeln verwendet werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ausgangssignale die eines

Flammenmelders sind und die Frequenzanalyse und Auswertung der Ausgangssignale des Flammenmelders 100 ms bis 10 s dauert.

- 5 5. Gefahrenmelder (3) zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 3 mit einem Sensor (4) für eine Gefahrenkenngroße, einer Auswertelektronik (5) mit Mitteln zur Verarbeitung des Ausgangssignals des Sensors (4) und einem Mikroprozessor (6) mit einem Fuzzy-Controller (2), **dadurch gekennzeichnet, dass** der Mikroprozessor (6) ein Software-Programm aufweist, nach dem der Fuzzy-Controller (2) Teil eines Fuzzy-Wavelet Controllers (8) ist, und dass das durch die Auswertelektronik (5) verarbeitete und dem Fuzzy-Controller (2) zugeführte Signal wavelet-transformiert ist.

Claims

- 15 1. A method of analyzing the signal of a hazard detector (3) by frequency analysis and fuzzy logic analysis, wherein a fast wavelet transformation (1) is performed as frequency analysis, **characterised in that** the original signal ($x_{0,k}$) in the fast wavelet transformation is conducted through a multi-stage filter cascade of pairs of high-pass/low-pass filters (HP, LP), and that in each filter stage of the wavelet transformation an association function (μ_i) is in each case produced from the results of the high-pass filter (HP), which association function (μ_i) is used for the further analysis of the frequency signal in accordance with fuzzy logic rules.
- 20 2. A method according to Claim 1, **characterised in that** the wavelet used for the fast wavelet transformation (1) is an orthonormal or semi-orthonormal wavelet or a wavelet packet base, and that the produced association functions (μ_i) in each case contain the sum, weighted by the wavelet coefficients, of the squared values of the high-pass filter (HP) and the sum of the squared values of the original signal ($x_{0,k}$) of the hazard detector (3) and are used in normalised form for the further analysis of the frequency signal in accordance with fuzzy logic rules.
- 25 3. A method according to Claim 1, **characterised in that** the wavelet used for the fast wavelet transformation (1) is an orthonormal or semi-orthonormal wavelet or a wavelet packet base, and that the produced association functions (μ_i) in each case contain the sum of the squared output values of the high-pass filter (HP) and the sum of the squared values of the original signal ($x_{0,k}$) of the hazard detector (3) and are used in normalised form for the analysis of the frequency signal in accordance with fuzzy logic rules.
- 30 4. A method according to one of Claims 1 to 3, **characterised in that** the output signals are those of a flame detector and the frequency analysis and the analysis of the output signals of the flame detector has a duration of 100 ms to 10 s.
- 35 5. A hazard detector (3) for the implementation of the method according to one of Claims 1 to 3 with a sensor (4) for a hazard characteristic variable, an analysis electronics unit (5) with means for processing the output signal of the sensor (4) and a microprocessor (6) with a fuzzy controller (2), **characterised in that** the microprocessor (6) has a software program in accordance with which the fuzzy controller (2) is part of a fuzzy wavelet controller (8), and that the signal processed by the analysis electronics unit (5) and fed to the fuzzy controller (2) is wavelet-transformed.

Revendications

- 45 1. Procédé pour l'analyse du signal d'un avertisseur de danger (3) au moyen d'une analyse de fréquence et d'une évaluation en logique floue, une transformation d'ondelettes rapide (1) étant effectuée, **caractérisé par le fait que**, lors de la transformation d'ondelettes rapide, on envoie le signal initial ($x_{0,k}$) à travers une cascade de filtres à plusieurs étages composée de couples de filtres passe-haut et passe-bas (HP, LP) et que, à chaque étage de filtrage de la transformation d'ondelettes, on produit à partir des résultats du filtre passe-haut (HP) une fonction d'appartenance (μ_i) qui est utilisée pour la suite de l'analyse du signal de fréquence selon des règles de logique floue.
- 50 2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé par le fait que** l'ondelette utilisée pour la transformation d'ondelettes rapide (1) est une ondelette orthonormée ou semi-orthonormée ou une base de paquet d'ondelettes et que les fonctions d'appartenance produites (μ_i) contiennent à chaque fois la somme, pondérée par les coefficients d'ondelettes, des valeurs au carré du filtre passe-haut (HP) et la somme des valeurs au carré du signal initial ($x_{0,k}$) de

l'avertisseur de danger (3) et sont utilisées sous forme normalisée pour la suite de l'analyse du signal de fréquence selon les règles de logique floue.

- 5 3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé par le fait que** l'ondelette utilisée pour la transformation d'ondelettes rapide (1) est une ondelette orthonormée ou semi-orthonormée ou une base de paquet d'ondelettes et les fonctions d'appartenance produites (μ_i) contiennent à chaque fois la somme des valeurs de sortie au carré du filtre passe-haut (HP) et la somme des valeurs au carré du signal initial ($x_{0,k}$) de l'avertisseur de danger (3) et sont utilisées sous forme normalisée pour l'évaluation du signal de fréquence selon des règles de logique floue.
- 10 4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé par le fait que** les signaux de sortie sont ceux d'un avertisseur de flamme et que l'analyse de fréquence et l'évaluation des signaux de sortie de l'avertisseur de flamme dure 100 ms à 10 s.
- 15 5. Avertisseur de danger (3) pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une des revendications 1 à 3, comportant un capteur (4) pour une grandeur caractéristique de danger, une électronique d'évaluation (5) avec des moyens pour le traitement du signal de sortie du capteur (4) et un microprocesseur (6) avec un contrôleur à logique floue (2), **caractérisé par le fait que** le microprocesseur (6) comporte un programme logiciel dans lequel le contrôleur à logique floue (2) fait partie d'un contrôleur à logique floue et à ondelettes (8) et que le signal traité par l'électronique d'évaluation (5) et envoyé au contrôleur à logique floue (2) a subi une transformation d'ondelettes.

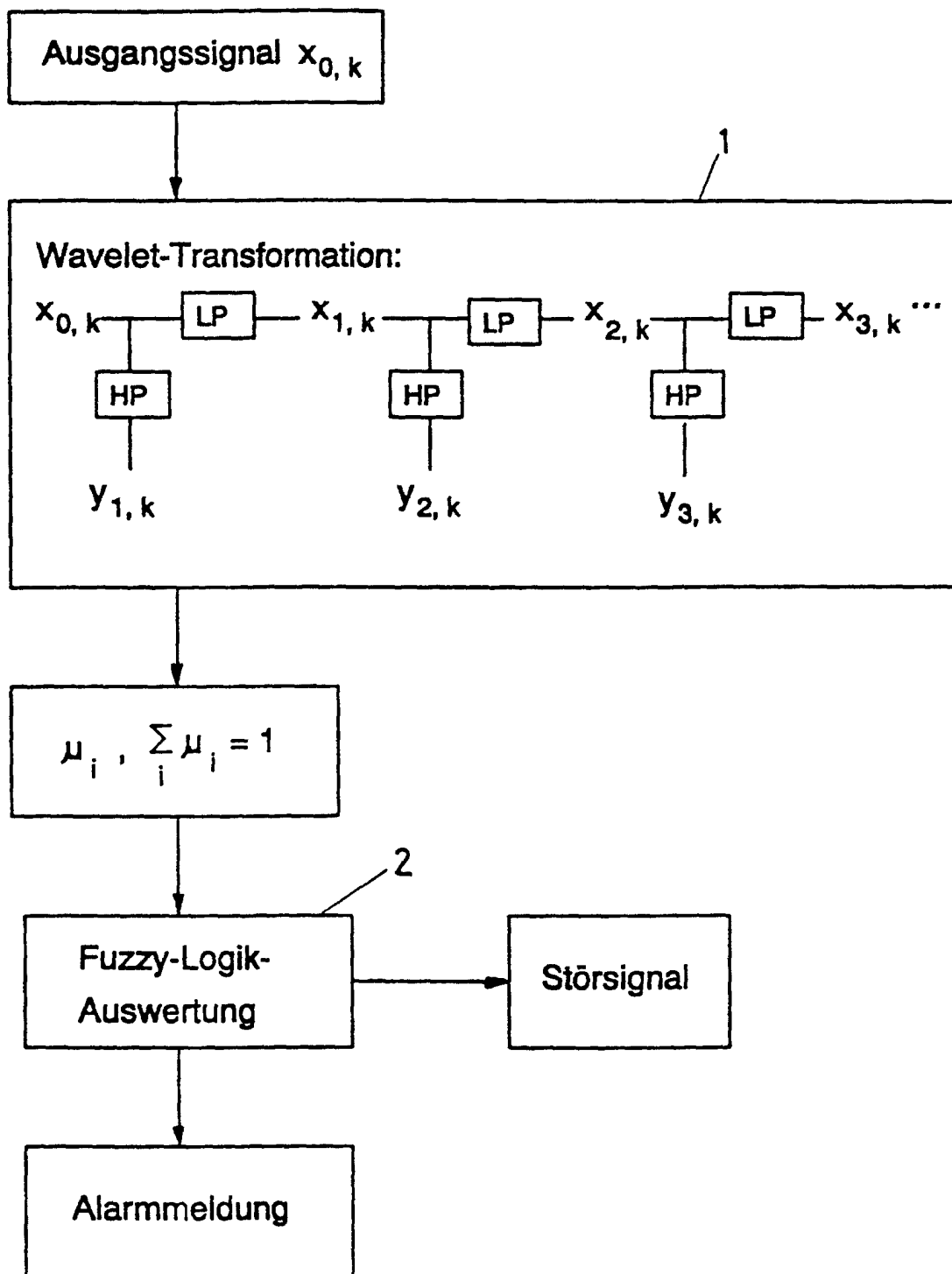


Fig. 1

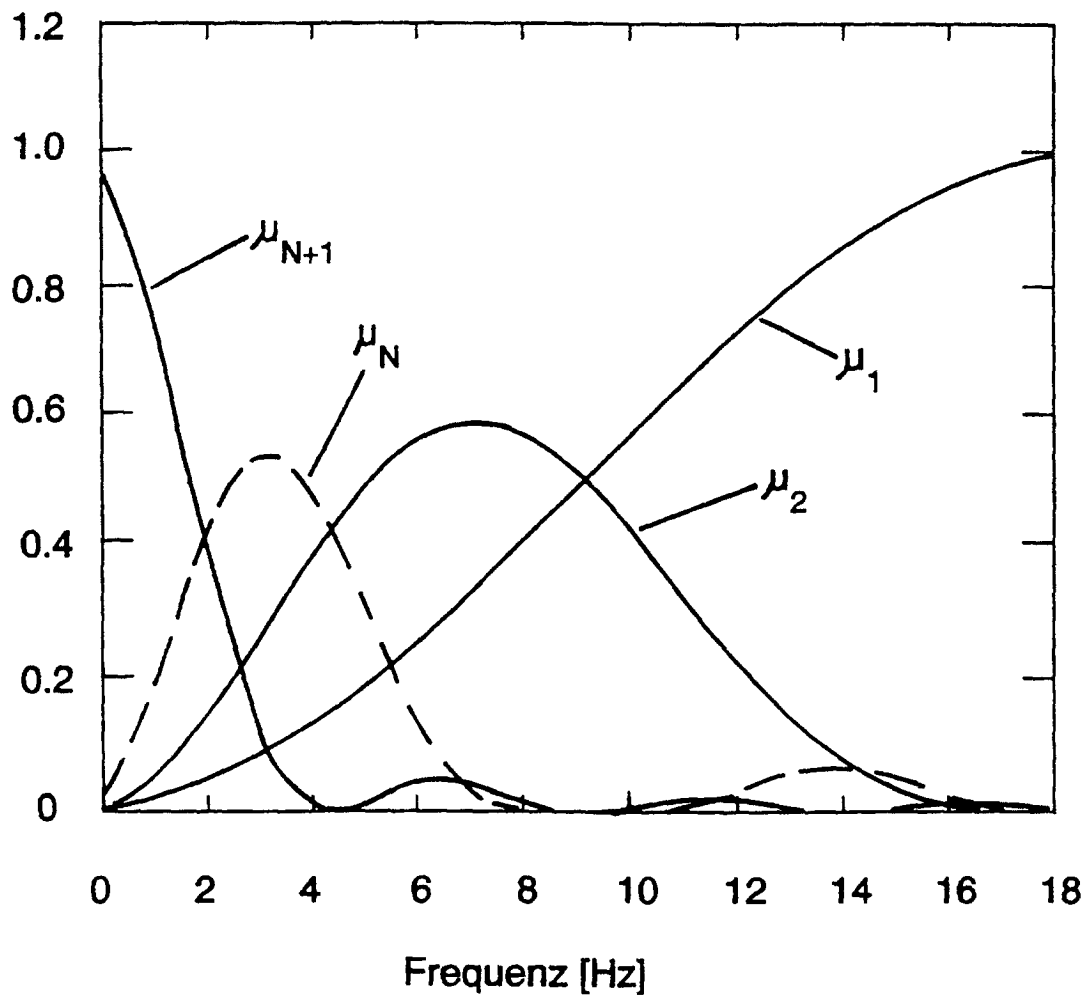


Fig. 2

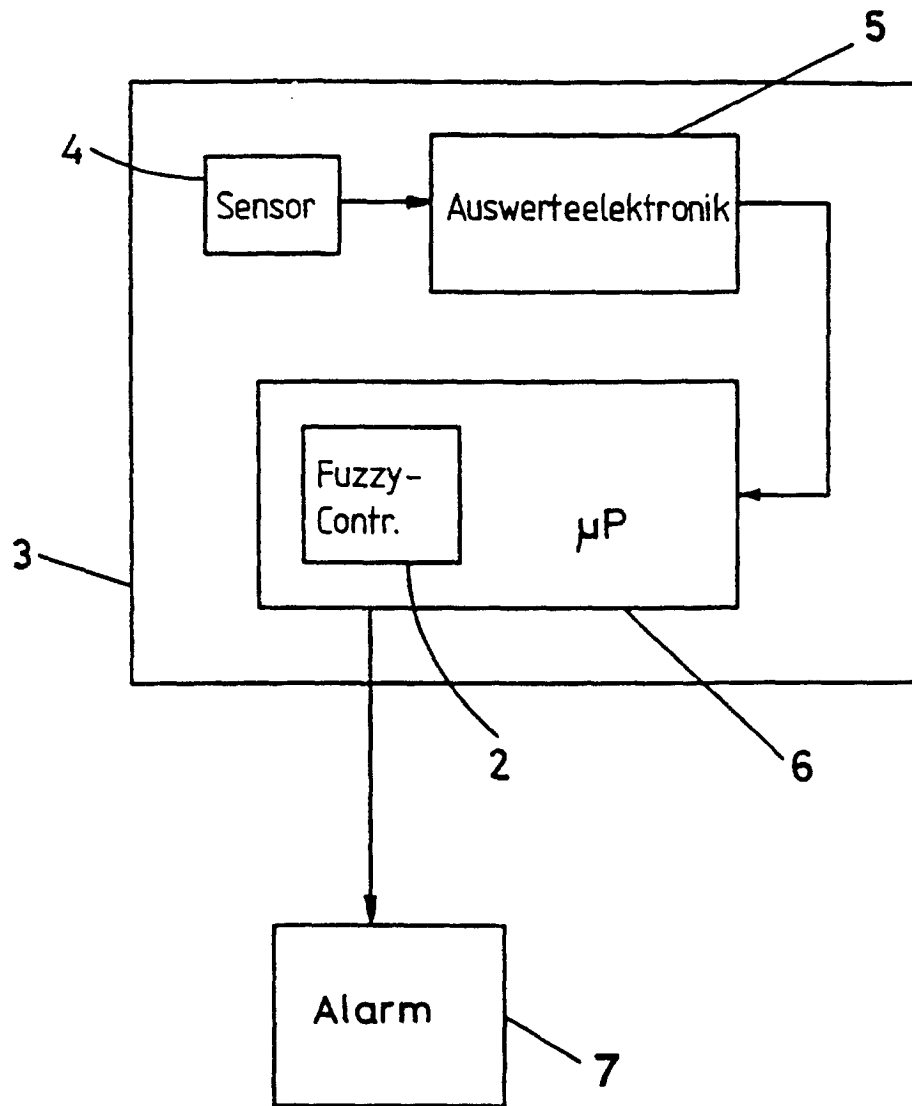
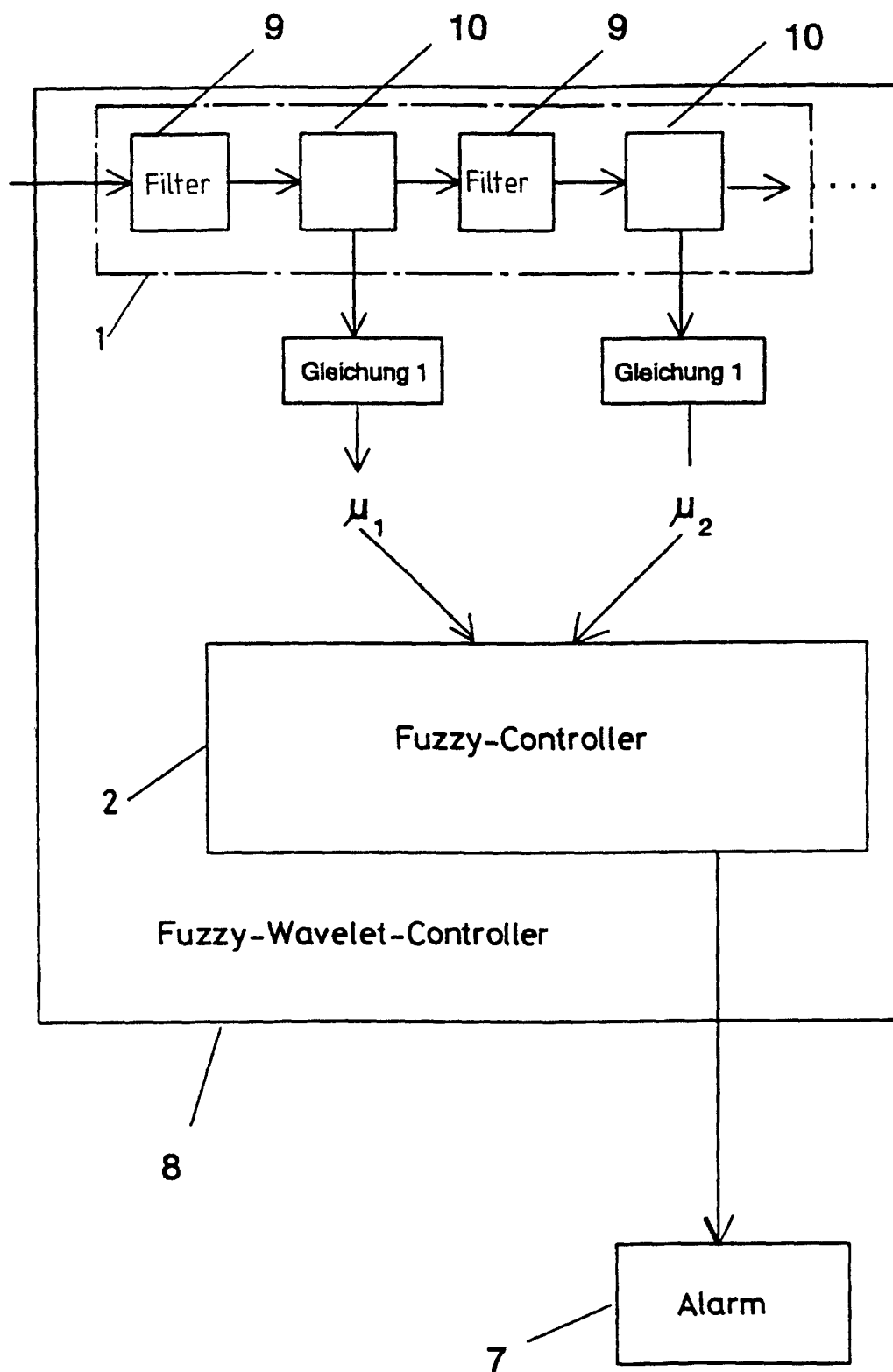


Fig. 3



Figur 4