



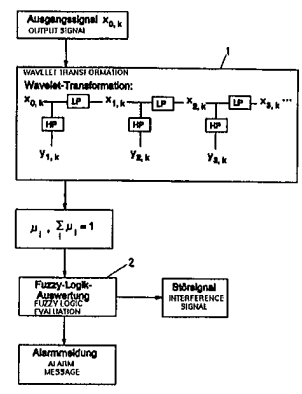
| | | |
|--|---|--|
| (51) Internationale Patentklassifikation⁶ : G08B 17/02, G06F 17/00 | A1 | (11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 98/15931 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 16. April 1998 (16.04.98) |
| (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH97/00354 (22) Internationales Anmeldedatum: 19. September 1997 (19.09.97) (30) Prioritätsdaten: 96115952.2 4. Oktober 1996 (04.10.96) EP (34) Länder für die regionale oder internationale Anmeldung eingereicht worden ist: CH usw. (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): CERBERUS AG [CH/CH]; Alte Landstrasse 411, CH-8708 Männedorf (CH). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): THUILLARD, Marc, Pierre [CH/CH]; Oeltrottenstrasse 5, CH-8707 Uetikon am See (CH). | (81) Bestimmungsstaaten: CN, JP, KR, PL, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i> | |

(54) Title: METHOD FOR ANALYZING THE SIGNALS OF A DANGER ALARM SYSTEM AND DANGER ALARM SYSTEM FOR IMPLEMENTING SAID METHOD

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

(57) Abstract

In a method for frequency analysis of a danger alarm system signal, a wavelet transformation (1) is combined with a fuzzy logic evaluation. The original signal (x_0, k) of a multistage filter cascade of high-/low- pass filter pairs (HP, LP) is transmitted in the transformation carried out by means of an orthonormal or semi-orthonormal wavelet. A membership function (μ_i) is worked out in each filter stage based on the results of the high-pass filter, the wavelet coefficients and the values of the original signal (x_0, k). These functions are standardized and used in this form for further evaluation (2) according to fuzzy logic rules. The disclosed method is specially suitable for evaluating the output signals of a danger alarm system, such as a fire alarm system, a noise warning system or the like. The wavelet transformation(1) and the fuzzy logic evaluation (2) are conducted by means of a small amount of lines of a processor code. The evaluation can be performed with an economical processor and can be carried out much faster and with an identical or increased precision.



(57) Zusammenfassung

In einem Verfahren zur Frequenzanalyse eines Signals eines Gefahrenmelders wird eine Wavelet-Transformation (1) mit einer Fuzzy-Logik-Auswertung vereinigt. In der Transformation mittels eines orthonormalen oder semi-orthonormalen Wavelet wird das ursprüngliche Signal (x_0, k) einer mehrstufigen Filterkaskade von Hoch-/Tiefpassfilterpaaren (HP, LP) zugeführt. Bei jeder Filterstufe wird aus Resultaten des Hochpassfilters, Wavelet-Koeffizienten und Werten des ursprünglichen Signals (x_0, k) eine Zugehörigkeitsfunktion (μ_i) erzeugt. Diese Funktionen sind normalisiert und werden in dieser Form für die weitere Auswertung (2) nach Fuzzy-Logik-Regeln verwendet. Das Verfahren eignet sich insbesondere für die Auswertung der Ausgangssignale von Gefahrenmeldern wie Flammenmeldern, Geräuschmeldern und dergleichen. Die Wavelet-Transformation (1) und Fuzzy-Logik-Auswertung (2) erfolgt durch eine kleine Anzahl Zeilen von Prozessorcode, wodurch die Auswertung mit einem kostengünstigen Prozessor realisierbar ist und bei gleicher oder erhöhter Genauigkeit beschleunigt erfolgt.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

| | | | | | | | |
|----|------------------------------|----|-----------------------------------|----|---|----|--------------------------------|
| AL | Albanien | ES | Spanien | LS | Lesotho | SI | Slowenien |
| AM | Armenien | FI | Finnland | LT | Litauen | SK | Slowakei |
| AT | Österreich | FR | Frankreich | LU | Luxemburg | SN | Senegal |
| AU | Australien | GA | Gabun | LV | Lettland | SZ | Swasiland |
| AZ | Aserbaidshan | GB | Vereinigtes Königreich | MC | Monaco | TD | Tschad |
| BA | Bosnien-Herzegowina | GE | Georgien | MD | Republik Moldau | TG | Togo |
| BB | Barbados | GH | Ghana | MG | Madagaskar | TJ | Tadschikistan |
| BE | Belgien | GN | Guinea | MK | Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien | TM | Turkmenistan |
| BF | Burkina Faso | GR | Griechenland | ML | Mali | TR | Türkei |
| BG | Bulgarien | HU | Ungarn | MN | Mongolei | TT | Trinidad und Tobago |
| BJ | Benin | IE | Irland | MR | Mauretanien | UA | Ukraine |
| BR | Brasilien | IL | Israel | MW | Malawi | UG | Uganda |
| BY | Belarus | IS | Island | MX | Mexiko | US | Vereinigte Staaten von Amerika |
| CA | Kanada | IT | Italien | NE | Niger | UZ | Usbekistan |
| CF | Zentralafrikanische Republik | JP | Japan | NL | Niederlande | VN | Vietnam |
| CG | Kongo | KE | Kenia | NO | Norwegen | YU | Jugoslawien |
| CH | Schweiz | KG | Kirgisistan | NZ | Neuseeland | ZW | Zimbabwe |
| CI | Côte d'Ivoire | KP | Demokratische Volksrepublik Korea | PL | Polen | | |
| CM | Kamerun | KR | Republik Korea | PT | Portugal | | |
| CN | China | KZ | Kasachstan | RO | Rumänien | | |
| CU | Kuba | LC | St. Lucia | RU | Russische Föderation | | |
| CZ | Tschechische Republik | LI | Liechtenstein | SD | Sudan | | |
| DE | Deutschland | LK | Sri Lanka | SE | Schweden | | |
| DK | Dänemark | LR | Liberia | SG | Singapur | | |
| EE | Estland | | | | | | |

Verfahren zur Analyse des Signals eines Gefahrenmelders und Gefahrenmelder zur Durchführung des Verfahrens

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.

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.

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.

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 sind, d.h.

die Summe aller Werte der Zugehörigkeitsfunktion gleich eins ist, wodurch die Fuzzy-Logik-Auswertung eine eindeutige Interpretation des Signals erlaubt.

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 Fehlalarmsicherheit 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 Auswertezeit 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.

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.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass als Frequenzanalyse eine schnelle Wavelet-Transformation durchgeführt und das ursprüngliche Signal dabei 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.

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.

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 Fourier-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.

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 erforderlicher 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.

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.

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.

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 Wert des ursprünglichen Signals enthalten und in normalisierter Form für die Weiteranalyse des Frequenzsignals nach Fuzzy-Logik-Regeln verwendet werden.

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.

Der erfindungsgemässe Gefahrenmelder zur Durchführung des genannten Verfahrens enthält einen Sensor für eine Gefahrenkenngrösse, eine Auswertelektronik 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 eine Fuzzy-Wavelet-Controllers ist, und dass das durch die Auswertelektronik verarbeitete und dem Fuzzy-Controller zugeführte Signal wavelet-transformiert ist.

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

Fig. 1 ein Blockschema eineses 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.

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 $y_{i+1,k} = \sum_l a_{i-2k} x_{i,l}$ und die Ausgangswerte eines Tiefpassfilters durch $x_{i+1,k} = \sum_l b_{i-2k} x_{i,l}$ ausgedrückt.

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

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

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

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

$$\text{und } \mu_{N+1} = \frac{\sum_l (p_{k-2l} x_{N,l})^2}{\sum_l (x_{0,l})^2} \quad \text{für } i=N+1, \text{ wobei } N \text{ die Anzahl der Filterstufen ist. Die}$$

letzte Funktion μ_{N+1} wird also durch die Ausgangswerte des letzten Tiefpassfilters gebildet. Diese Zugehörigkeitsfunktionen sind normalisiert, indem $\sum_i \mu_i = 1$.

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

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

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

Bei dieser Annäherung ist die Funktion nahezu normalisiert, indem $\sum_i \mu_i \approx 1$.

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:

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

Diese Zugehörigkeitsfunktionen sind in diesem Fall normalisiert, indem $\sum_i \mu_i = 1$ ist.

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.

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.

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.

Figur 3 zeigt ein Schema eines Gefahrenmelders 3 zur Durchführung des beschriebenen Verfahrens. Darstellungsgemäss weist der Gefahrenmelder 3 einen Sensor 4 zur Detektion einer Gefahrenkenngrösse, eine Auswerteelektronik 5, einen Mikroprozessor 6 und den Fuzzy-Controller 2 auf. Die Gefahrenkenngrösse 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.

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.

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, dadurch gekennzeichnet, dass als Frequenzanalyse eine schnelle Wavelet-Transformation (1) durchgeführt und das ursprüngliche Signal ($x_{0,k}$) dabei 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_j) 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_j) 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_j) 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. 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.

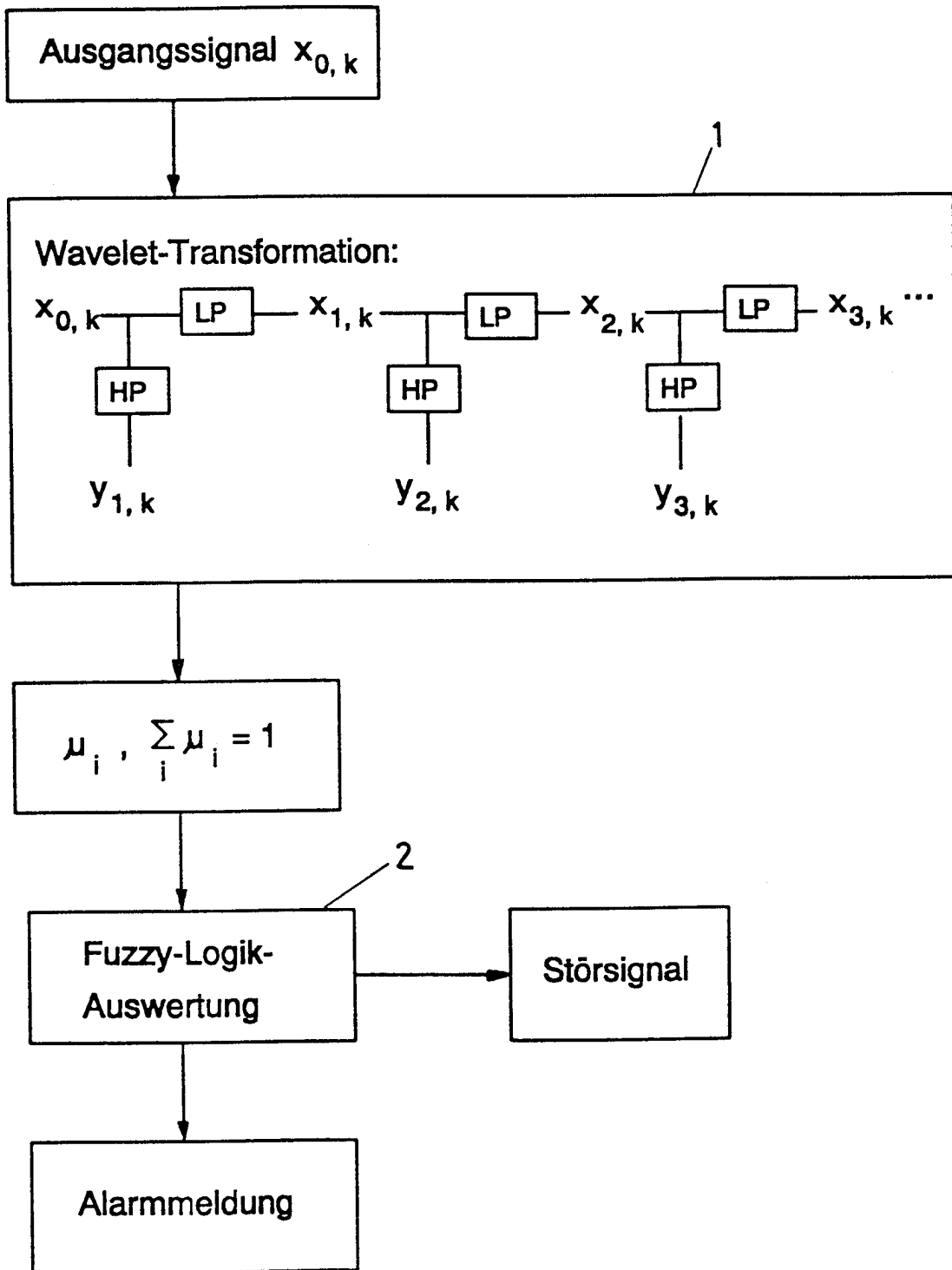


Fig. 1

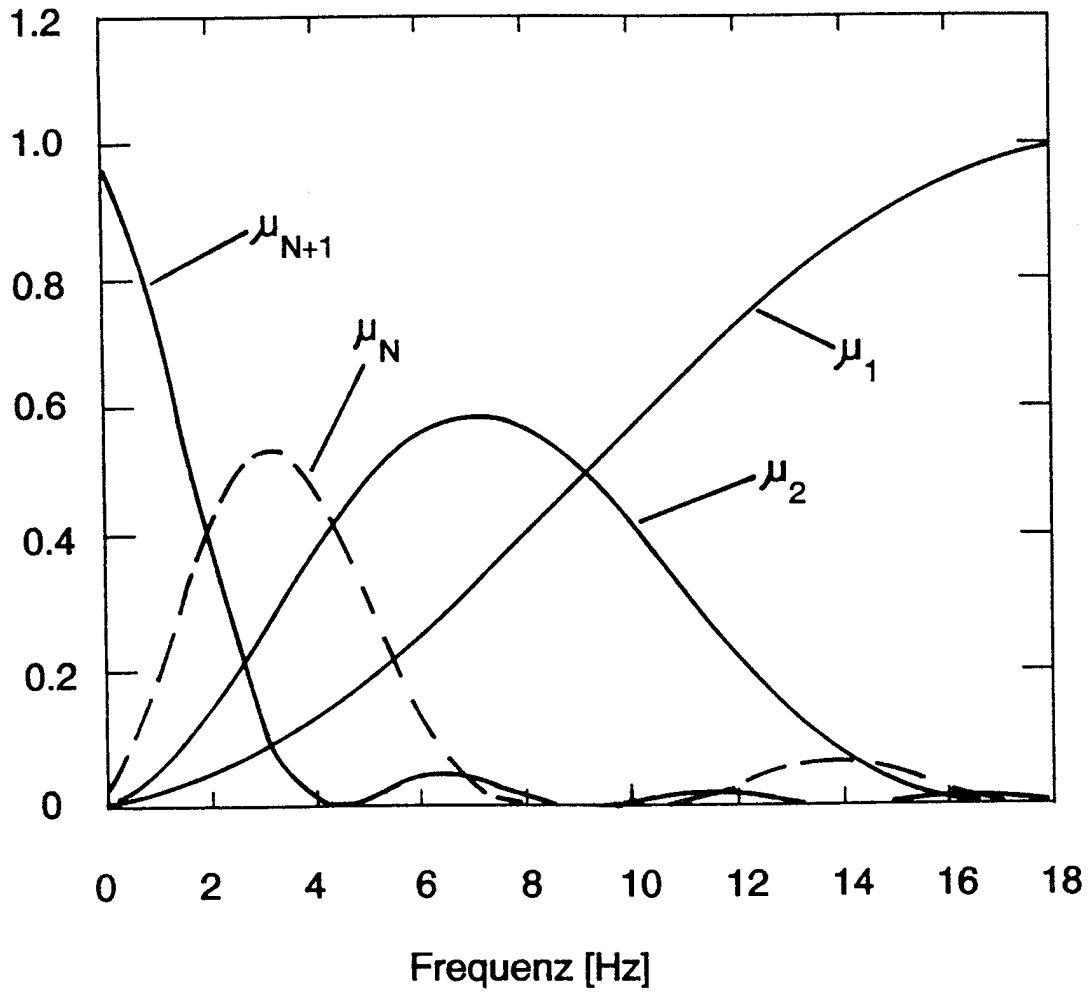


Fig. 2

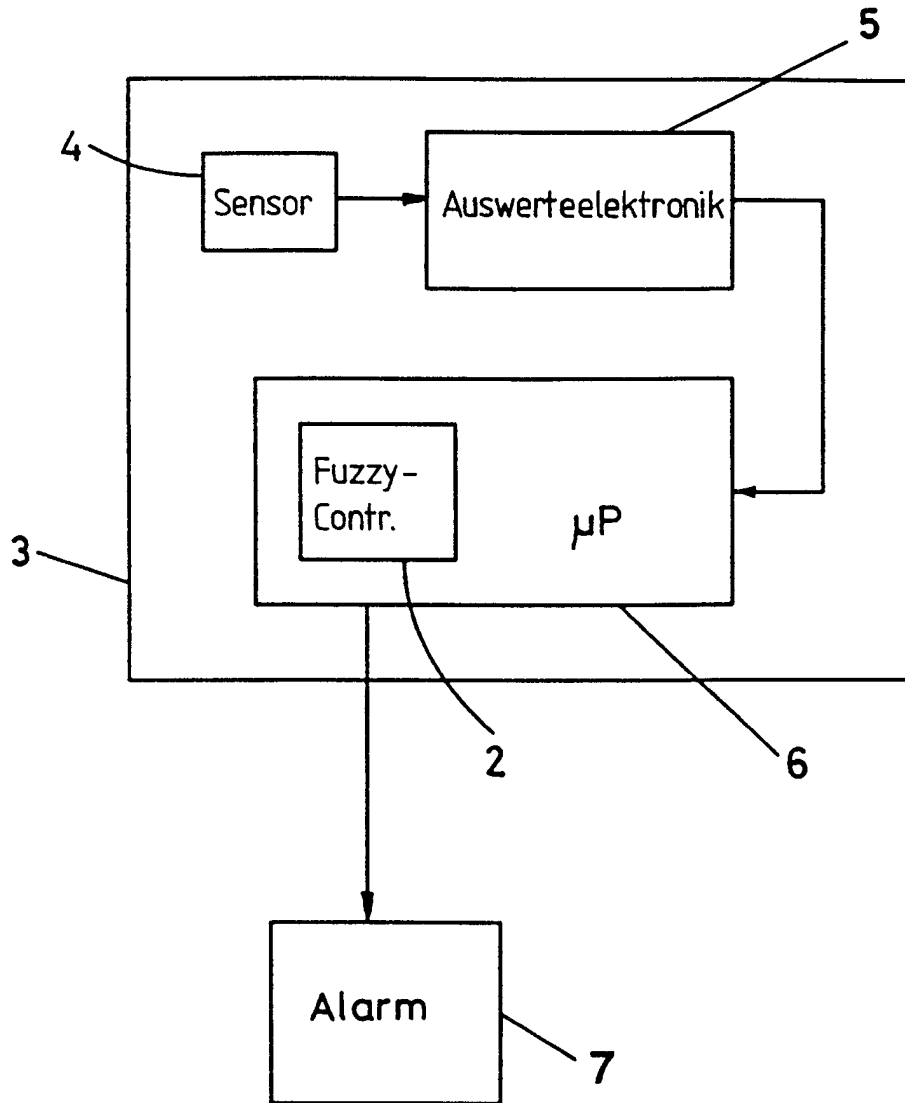
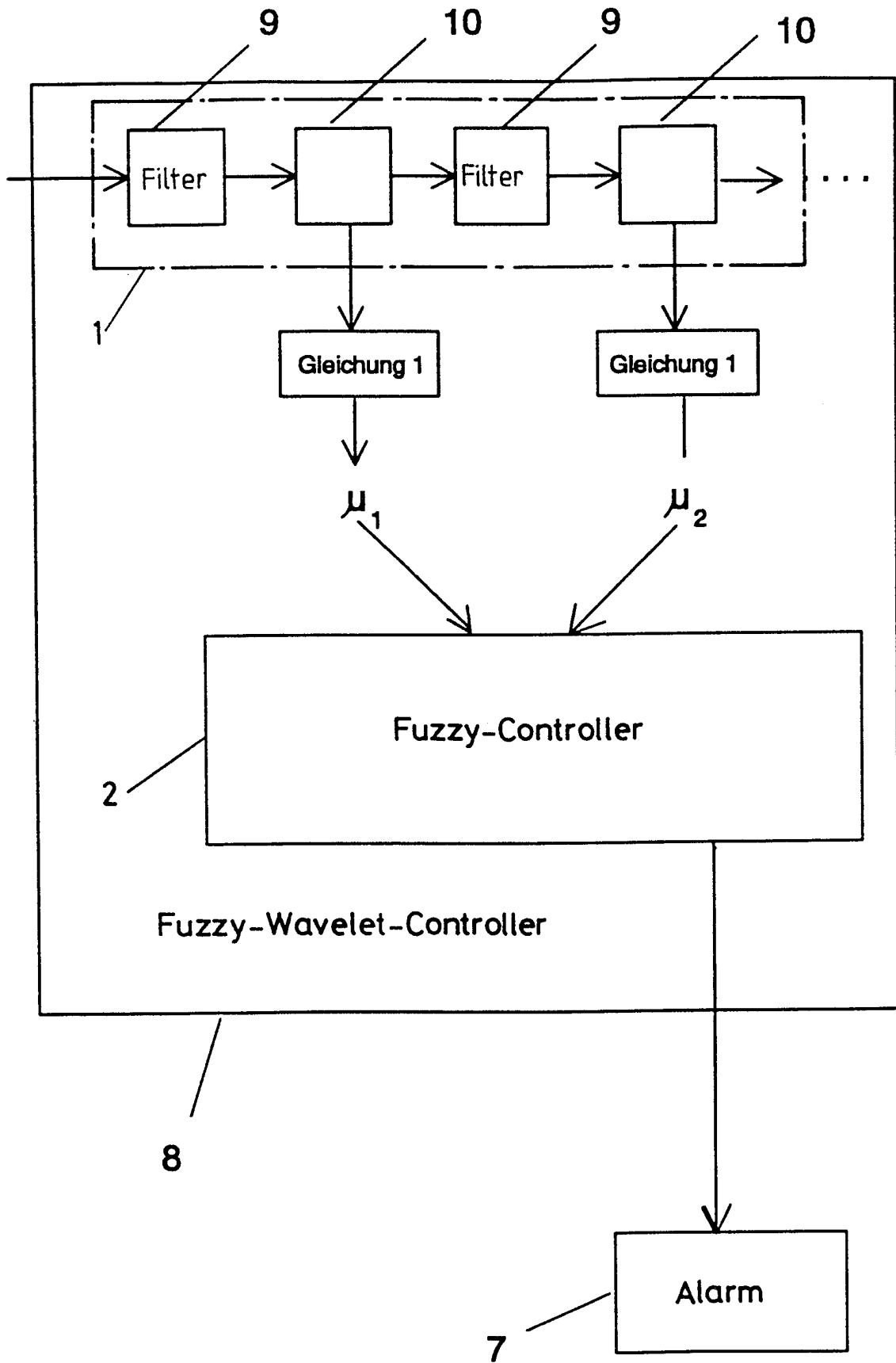


Fig. 3



Figur 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/CH 97/00354

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 6 G08B17/02 G06F17/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 G08B G06F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category ° | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| Y | MUFTI M ET AL: "AUTOMATED FAULT DETECTION AND IDENTIFICATION USING A FUZZY-WAVELET ANALYSIS TECHNIQUE" CONFERENCE RECORD AUTOTESTCON '95, ATLANTA, AUG. 8 - 10, 1995, vol. 31, 8 August 1995, INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, pages 169-175, XP000555102 see page 170 - page 171; figure 3 --- | 1 |
| Y | EP 0 718 814 A (CERBERUS) 26 June 1996 cited in the application see page 4, line 17 - line 54; claims 5,7 --- -/-- | 1 |

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 December 1997

Date of mailing of the international search report

30. 01. 98

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Breusing, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/CH 97/00354

| C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | |
|--|---|-----------------------|
| Category ° | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| A | AKAY Y M ET AL: "NONINVASIVE DETECTION OF CORONARY ARTERY DISEASE" IEEE ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY MAGAZINE, vol. 13, no. 5, November 1994, pages 761-764, XP000598968 see page 761, column 2, line 5 - line 23 --- | |
| A | 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, vol. 43, no. 3, 1 March 1995, pages 759-771, XP000507252 see page 769, column 2 --- | 2,3 |
| A | US 4 866 420 A (R. H. MEYER) 12 September 1989 see column 3, line 43 - column 4, line 49 --- | 4 |
| A | EP 0 706 142 A (SENSORMATIC ELECTRONICS) 10 April 1996 see page 2, line 31 - line 52; figure 1 ----- | |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/CH 97/00354

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|--|------------------|--|--|
| EP 718814 A | 26-06-96 | AU 3781095 A CN 1132889 A CZ 9503218 A US 5594421 A | 27-06-96 09-10-96 17-07-96 14-01-97 |
| US 4866420 A | 12-09-89 | NONE | |
| EP 706142 A | 10-04-96 | AU 3301295 A BR 9504228 A CA 2155157 A JP 8226965 A | 18-04-96 30-07-96 31-03-96 03-09-96 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH 97/00354

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 6 G08B17/02 G06F17/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 G08B G06F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|---|--------------------|
| Y | 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 siehe Seite 170 - Seite 171; Abbildung 3 --- | 1 |
| Y | EP 0 718 814 A (CERBERUS) 26. Juni 1996 in der Anmeldung erwähnt siehe Seite 4, Zeile 17 - Zeile 54; Ansprüche 5,7 --- -/-- | 1 |

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

9. Dezember 1997

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

30. 01. 98

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Breusing, J

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie° | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| A | 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 siehe Seite 761, Spalte 2, Zeile 5 - Zeile 23 --- | |
| A | 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 siehe Seite 769, Spalte 2 --- | 2,3 |
| A | US 4 866 420 A (R. H. MEYER) 12.September 1989 siehe Spalte 3, Zeile 43 - Spalte 4, Zeile 49 --- | 4 |
| A | EP 0 706 142 A (SENSORMATIC ELECTRONICS) 10.April 1996 siehe Seite 2, Zeile 31 - Zeile 52; Abbildung 1 ----- | |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/CH 97/00354

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|--|--|
| EP 718814 A | 26-06-96 | AU 3781095 A CN 1132889 A CZ 9503218 A US 5594421 A | 27-06-96 09-10-96 17-07-96 14-01-97 |
| US 4866420 A | 12-09-89 | KEINE | |
| EP 706142 A | 10-04-96 | AU 3301295 A BR 9504228 A CA 2155157 A JP 8226965 A | 18-04-96 30-07-96 31-03-96 03-09-96 |