



⑫ A **Terinzagelegging** ⑪ **8603059**

Nederland

⑲ NL

---

- ⑤4 **Inrichting en werkwijze met bewegingsartefactreductie voor verschilbeeldbepaling.**
- ⑤1 Int.Cl<sup>4</sup>.: A61B 6/00, G06F 15/68.
- ⑦1 Aanvrager: N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Eindhoven.
- ⑦4 Gem.: Ir. P.J.P.G. Simons c.s.  
Internationaal Octrooibureau B.V.  
Prof. Holstlaan 6  
5656 AA Eindhoven.

- 
- ⑳1 Aanvraag Nr. 8603059.
- ⑳2 Ingediend 1 december 1986.
- ⑳3 --
- ⑳4 --
- ⑳5 --
- ⑳6 --

- 
- ④3 Ter inzage gelegd 1 juli 1988.

De aan dit blad gehechte stukken zijn een afdruk van de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en).

---

N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Eindhoven.  
Inrichting en werkwijze met bewegingsartefactreductie voor  
verschilbeeldbepaling.

De uitvinding heeft betrekking op een inrichting voor het bepalen van een verschilbeeld uit een eerste en een tweede beeld, welke inrichting geheugenmiddelen voor het opslaan van het eerste en het tweede beeld, rekenmiddelen voor het selecteren van een in  
5 beeldelementen verdeeld subbeeld binnen het eerste en het tweede beeld, voor het verplaatsen van het ene subbeeld ten opzichte van het andere, voor het vergelijken van de waarden van de overeenkomstige beeldelementen van de twee subbeelden en het daaruit vaststellen van een gelijkheidswaarde en een verplaatsingsvector van het verschoven  
10 subbeeld, waarbij de gelijkheidswaarde maximaal is, en geheugenmiddelen bevat voor het opslaan van de vastgestelde verplaatsingsvector, waarbij verder de rekenmiddelen zijn ingericht voor het corrigeren van de positie van een beeldelement van een eerste beeld met de vastgestelde verplaatsingsvector en voor het uit het  
15 gecorrigeerde eerste en uit het tweede beeld bepalen van een verschilbeeld.

De uitvinding heeft verder betrekking op een werkwijze voor het bepalen van een verschilbeeld uit twee na elkaar gemaakte beelden van een object, waarbij uit elk van de twee in beeldelementen  
20 onderverdeelde beelden een subbeeld wordt gekozen, die elk dezelfde beeldelementen bevatten en steeds met elkaar worden vergeleken na ten opzichte van elkaar te zijn verplaatst, waarbij een maat voor de afwijking tussen beeldelementwaarden van de beeldelementen na elke verplaatsing wordt vastgesteld, en dat met een verplaatsingsvector,  
25 waarbij de maat voor de afwijking het kleinst is, de positie van een beeldelement in een beeld wordt gecorrigeerd, waarna het verschilbeeld wordt bepaald.

Een dergelijke werkwijze en inrichting zijn bekend uit IEEE Transactions on Medical Imaging, Vol. MI-3, No. 4, December 1984:  
30 "Automated Correction of Patient Motion and Grey Values prior to Subtraction in Digitized Angiography". De bekende inrichting en werkwijze wordt toegepast bij de zogenoemde digitale subtractie-

8603059

angiografie. Daarbij wordt een patiënt met een contrastmiddel ingespoten zodat het verschilbeeld dat wordt berekend uit röntgenbeelden die zowel voor als na het inspuiten van het contrastmiddel worden genomen, slechts het contrastmiddel te zien moet  
5 geven. Echter zullen door het bewegen van de patiënt tussen de verschillende röntgenopnames, bijvoorbeeld door het bewegen van het hart of vanwege ademhaling, de stationair veronderstelde delen zoals de ribben van de patiënt in het verschilbeeld worden afgebeeld als pseudo-contouren van de bewogen delen. Het zal duidelijk zijn dat deze  
10 additionele afbeeldingen ongewenst zijn. In de voornoemde publicatie geven de auteurs A. Venot en V. Leclerc een methode om zulke verschilbeelden te corrigeren voor patiëntbeweging. Deze correctie wordt gehaald uit informatie van de beide beelden. De mate van beweging wordt verkregen door het vergelijken van beide beelden, nadat  
15 op een van de beelden een artificieel patroon is gesuperponeerd, door het verschuiven van deze beelden ten opzichte van elkaar, waarna de tekenwisselingen tussen beeldelementen van het verschilbeeld worden geteld. Hieruit wordt een verplaatsing van het afgebeelde deel van een patiënt ten gevolge van de beweging vastgesteld. Door nu het ene  
20 beeld met deze verplaatsing te corrigeren, wordt het aantal artefacten in het verschilbeeld verkleind. Het is echter gebleken dat zeer frequent slechts een deel binnen een afbeelding zich verplaatst. Derhalve zal binnen zo een deel het bewegingsartefact min of meer worden gecorrigeerd maar zal in een ander deel van het beeld een fout  
25 worden geïntroduceerd. Het is duidelijk dat voorgaande ongewenst is.

Het is het doel van de uitvinding om in een inrichting en in een werkwijze te voorzien waarbij bewegingsartefacten in de verschilbeelden nagenoeg volledig of substantieel worden opgeheven.

Het is een verder doel van de uitvinding om in een  
30 inrichting en in een werkwijze te voorzien, waarin maatregelen zijn genomen om de betrouwbaarheid van de vastgestelde verplaatsingsvectoren te verhogen, zodat een met behulp van de verplaatsingsvectoren vastgestelde correctie van een beweging betrouwbaarder is.

35 Een inrichting volgens de uitvinding heeft tot kenmerk, dat de rekenmiddelen verder zijn ingericht voor het bepalen van bij verscheidene beeldelementen behorende verplaatsingsvectoren voor het

8603059

corrigeren van de posities van beeldelementen van het eerste beeld met de lokaal vastgestelde verplaatsingsvectoren, die na vaststelling in de geheugenmiddelen zijn opgeslagen. Bij de inrichting volgens de uitvinding wordt nu lokaal vastgesteld hoe groot de verplaatsing is.

- 5 Door deze lokale verplaatsing te gebruiken om de beweging in het vastgestelde beeldelement te compenseren, kunnen nu verschilbeelden worden bepaald die nagenoeg vrij zijn van bewegingsartefacten.

Een inrichting volgens de uitvinding waarbij voor het bepalen van de gelijkheidswaarde de rekenmiddelen zijn ingericht om  
10 elke beeldelementwaarde van althans een subbeeld met een bedrag te vergroten of te verlagen, indien de som van de positie-indices van het betreffende beeldelement even respektievelijk oneven is, om een verschil tussen overeenkomstige beeldelementen in de twee subbeelden te bepalen en om het aantal tekenwisselingen van de verschillen in de  
15 elkaar opvolgende beeldelementen te bepalen, heeft het kenmerk, dat de rekenmiddelen althans de aantallen tekenwisselingen behorende bij ten minste de laatste, een en twee-na laatste verplaatsing van het ene subbeeld ten opzichte van het andere in geheugenmiddelen opslaan en uit de verschillen van de aantallen een betrouwbaarheidsgetal bepalen.  
20 Het toevoegen van een betrouwbaarheidsgetal heeft het voordeel dat onbetrouwbare verplaatsingsvectoren of componenten ervan door gegevens van omliggende meer betrouwbare verplaatsingsvectoren geheel of gedeeltelijk vervangen kunnen worden.

Een uitvoeringsvorm van een inrichting volgens de  
25 uitvinding heeft het kenmerk, dat de rekenmiddelen voor elke orthogonale component van een verplaatsingsvector drie aantallen tekenwisselingen behorende bij de drie laatste posities in de richting van de component bepalen voor het berekenen van een betrouwbaarheidsgetal uit de verschillen tussen enerzijds het grootste  
30 aantal en anderzijds de twee andere aantallen.

Een verdere uitvoeringsvorm van een inrichting volgens de uitvinding heeft het kenmerk, dat de rekenmiddelen zijn ingericht om richtingscomponenten van naburige verplaatsingsvectoren te vergelijken en om een betrouwbaarheids criterium gebaseerd op een  
35 betrouwbaarheidsgetal behorende bij een eerste richtingscomponent met een bedrag te verhogen, indien de eerste richtingscomponent minder dan een instelbare maat afwijkt van de naburige richtingscomponent.

8603059

Een voorkeursuitvoeringsvorm volgens de uitvinding heeft het kenmerk, dat de rekenmiddelen zijn ingericht voor het bepalen van een som van met betrouwbaarheidscriteria gewogen richtingscomponenten, welke richtingscomponenten een te vervangen richtingscomponent en diens direkte burens omvatten, waarbij de 5 rekenmiddelen slechts die burens in de te bepalen som betrekken wiens betrouwbaarheids criterium groter is dan dat van een te vervangen richtingscomponent, welke som in de geheugenmiddelen wordt opgeslagen ter vervanging van een tot dan toe in de geheugenmiddelen opgeslagen 10 richtingscomponent. Bij een dergelijke weging van de verschillende vectorcomponenten wordt onbetrouwbare vectorinformatie door meer betrouwbare vervangen op een niet al te drastische wijze. Gebleken is dat twee iteraties c.q. twee wegingen een voldoende hoge betrouwbaarheid van vectoren is verkregen, die de lokaal afhankelijke 15 beweging voldoende nauwkeurig benaderen.

Een werkwijze volgens de uitvinding heeft tot kenmerk, dat een matrix van verspreid over het beeld zijnde verplaatsingsvectoren wordt bepaald en dat per beeldelement een verplaatsingsvector wordt bepaald door interpolatie van de 20 verplaatsingsvectoren in de matrix, waarna de posities van beeldelementen in een beeld worden gecorrigeerd met de lokaal vastgestelde verplaatsingsvectoren. De werkwijze volgens de uitvinding heeft het voordeel dat de bewegingsartefacten vrijwel geheel worden opgeheven. In het geval dat grote delen van het beeld stationair zijn 25 kan de rekentijd wezenlijk worden verkort, indien in een uitvoeringsvorm van de werkwijze volgens de uitvinding, waarbij voor de bepaling van de maat voor de afwijking de waarde van elk beeldelement van een van de subbeelden met een bedrag wordt vergroot óf verlaagd, indien de som van positie-indices van het beeldelement 30 even respektievelijk oneven is, waarna een verschilsubbeeld wordt bepaald en het aantal tekenwisselingen tussen de naast elkaar gelegen beeldelementen in het verschilbeeld wordt geteld en bij een positie, de maat voor de afwijking als het kleinst wordt gesteld als het aantal getelde tekenwisselingen een van tevoren gesteld fractie van 35 het maximum aantal mogelijke tekenwisselingen overschrijdt. De kortere berekentijd is begrijpelijk daar de delen zonder significante beeldinformatie onmiddellijk worden herkend in de werkwijze volgens de

860 3059

uitvinding.

Een werkwijze volgens de uitvinding kan nog verder worden versneld, indien na het bepalen van een verplaatsingsvector deze verplaatsingsvector als begingrootheid wordt gebruikt bij het bepalen van een naburige vector. Er van uitgaande dat een beweging van een deel van een lichaam geen discontinuïteit zal vertonen met de beweging van omliggende delen van het lichaam zullen de naburige verplaatsingsvectoren weinig van elkaar afwijken. Het is derhalve voordelig een voorgaand bepaalde verplaatsingsvector als begingrootheid bij het bepalen van een volgende naburige vector te gebruiken, zodat in een gering aantal "zoekstappen" een positie wordt gevonden, waarbij de subbeelden het minste van elkaar afwijken. De uitvinding zal worden toegelicht aan de hand van in een tekening weergegeven voorbeeld in welke tekening

figuur 1 een inrichting volgens de uitvinding weergeeft,  
figuur 2 een stroomdiagram van de werkwijze volgens de uitvinding weergeeft.

figuur 3 een positiecorrectie van verscheidene beeldelementen weergeeft,

figuur 4 een positiecorrectie van verscheidene beeldelementen met behulp van terugprojectie weergeeft en

figuren 5a en b delen van een verplaatsingsvectormatrix en een bijbehorende betrouwbaarheidscrieteriamatrix tonen.

In figuur 1 is een uitvoeringsvorm van een inrichting volgens de uitvinding weergegeven. De inrichting 10 bevat een hoogspanningsgenerator G, die een röntgenbuis B voedt voor het opwekken van een bundel röntgenstraling X, waarmee een object O wordt doorstraald. De het object O gepasseerde straling X wordt door een beeldversterker II gedetekteerd en omgezet in een optisch beeld, dat door een beeldopneembuis PU in videosignalen wordt omgezet. Na versterking door versterker OA worden de videosignalen bemonsterd en gedigitaliseerd door de analoog/digitaal omzetter ADC, waarna de digitale beeldsignalen in een eerste of tweede beeldgeheugen M1, M2 van een beeldverwerkingseenheid IP worden opgeslagen. De beeldverwerkingseenheid IP bevat behalve de genoemde geheugens M1 en M2 verder rekenmiddelen CU en verdere geheugenmiddelen M3, waarvan het doel verderop zal worden toegelicht. De rekenmiddelen CU kunnen uit de

860 3059

in de geheugens M1 en M2 opgeslagen beelden een verschilbeeld bepalen, dat op een monitor MON kan worden weergegeven, of in een van de geheugens M1, M2, M3 of in een extern (niet weergegeven) band- of schijfgeheugen opgeslagen worden.

5 De in de geheugens M1 of M2 opgeslagen beelden kunnen conventionele schaduwbeelden, door recursief filtering verkregen ruisarme beelden, door computer tomografie gegenereerde doorsnedebeelden of uit magnetisch resonantiesignalen berekende doorsnedebeelden zijn. Echter de na elkaar gegenereerde beelden van  
10 eenzelfde object, waarbij het verschil tussen de twee beelden het met een contrastmiddel ingespoten bloedvatenstelsel is, zullen ook afbeeldingen (ongewenste!) over een beweging van een object na het maken van een eerste beeld bevatten. In de voornoemde publikatie is een poging beschreven om een invloed van een gegeven beweging op  
15 het verschilbeeld te niet te doen. Echter is de beschreven wijze behept met het probleem dat ook artefacten in het verschilbeeld worden gecreëerd, indien slechts een deel van het afgebeelde object is bewogen.

Volgens de uitvinding voert de beeldverwerkingseenheid  
20 IP een werkwijze uit waarbij het voorgaand beschreven probleem is ondervangen. De in de geheugens M1 en M2 opgeslagen beelden zijn elk verdeeld in bijvoorbeeld  $512 \times 512$  beeldelementen. De rekenmiddelen CU kiezen in een eerste beeld een subbeeld groot:  $32 \times 32$  beeldelementen  $p_1(i,j)$  (waarin  $0 \leq i \leq 31$  en  $0 \leq j \leq 31$ ) voegen aan de  
25 beeldelementwaarde van elk beeldelement  $p_1(i,j)$  een waarde  $q$  toe, indien  $i+j$  even is en trekken van de beeldelementwaarde een waarde  $q$  af, indien  $i+j$  oneven is. Het aldus verkregen subbeeld wordt vergeleken met eenzelfde subbeeld  $p_2(i,j)$  (met  $(0 \leq i \leq 31, 0 \leq j \leq 31)$ ) uit het tweede beeld. Daarbij wordt het aantal  
30 tekenwisselingen geteld tussen de naast elkaar liggende beeldelementen in het subverschilbeeld  $P_1(i,j) - P_2(i,j)$ . Zouden de subbeelden identiek zijn dan is er een maximaal aantal tekenwisselingen. Zijn de beelden niet identiek dan is het aantal tekenwisselingen lager. Door nu het ene subbeeld ten opzichte van het andere subbeeld te verschuiven is  
35 een positie te vinden, waarbij in het bijbehorende verschilsubbeeld het aantal tekenwisselingen het grootste is, hetgeen betekent dat in die positie de verschillen tussen de beide subbeelden minimaal zijn.

8603059

De grootte en richting van verschuiving wordt verplaatsingsvector genoemd en wordt toegewezen aan het beeldelement, dat (nagenoeg) in het midden van het subbeeld ligt (bijvoorbeeld aan  $P1(i,j)$  waarin  $i=j=16$ ).

- 5           Hierna wordt volgens de uitvinding een ander subbeeld in het eerste en tweede beeld gekozen (bijvoorbeeld  $P1(i,j)$  met  $32 \leq i \leq 63$  en  $0 \leq j \leq 31$ ) en de voorgaand beschreven vergelijkingswijze wordt voor de nieuwe subbeelden herhaald. Opgemerkt wordt dat de na elkaar te kiezen subbeelden in een beeld elkaar ook kunnen
- 10 overlappen zodat dan meer subbeelden in een beeld te kiezen zijn (bijvoorbeeld zou een subbeeld de beeldelementen  $P(i,j)$  met  $16 \leq i \leq 47$  en  $0 \leq j \leq 31$  kunnen bevatten). Per gekozen subbeeld wordt een (lokaal afhankelijke) verplaatsingsvector bepaald. Indien de subbeelden uniform over het te corrigeren beeld worden verdeeld wordt
- 15 op de voorgaand beschreven manier een matrix van regelmatig over het te corrigeren beeld verspreide verplaatsingsvectoren bepaald, die in het verdere geheugen M3 worden opgeslagen. Een en ander is in een beknopt stroomdiagram in figuur 2 weergegeven. Op deze wijze worden een aantal rekenoperaties uitgespaard. In figuur 2 is in een
- 20 programmablok 300 aangeduid dat van een eerste subbeeld de beeldwaarde van elk beeldelement  $P1(i,j)$  met de waarde  $q$  wordt veranderd na een eerdere stap 200, waarin een subbeeld wordt geselecteerd afhankelijk van een in een eerste stap 100 ingegeven groep parameters: bijvoorbeeld beginpositie ( $X0, Y0$ ), subbeeldgrootte, aantal
- 25 beeldelementen ( $NX, NY$ ) van een beeld, het bedrag  $q$  etcetera. Verder wordt in stap 300 uit de geselecteerde subbeelden een verschilbeeld bepaald. In een volgende groep stappen 400 welke in figuur 2 zijn weergegeven, wordt bepaald of bij de gegeven positie bij de twee subbeelden ten opzichte van elkaar de gelijkens het beste is. De
- 30 groep rekenstappen 400 bevat een eerste rekenstap 402 waarin het aantal tekenwisselingen in een verschilsubbeeld wordt geteld. Een daaropvolgende stap 404 wordt het aantal tellingen vergeleken met een benedengrens van een maximaal aantal haalbare tekenwisselingen in het verschilsubbeeld. Blijft het aantal beneden deze benedengrens, welke
- 35 bijvoorbeeld 40% kan bedragen, dan wordt in een daarop volgende stap 406 getest of de waarde  $q$  waarmee het gekozen subbeeld is veranderd, een maximale waarde  $QM$  heeft bereikt. Is dat niet het geval dan wordt

8603059



de waarde  $q$  met een vast bedrag verhoogd in een stap 408 waarna een nieuw subverschilbeeld wordt bepaald, waarin deze verhoging van de waarde van  $q$  is verwerkt met het gegeven vaste patroon van optellen en aftrekken. Hierna volgt opnieuw een telling van het aantal

5 tekenwisselingen in het subverschilbeeld in stap 402. Indien vastgesteld wordt in stap 404 dat het aantal tellingen de gestelde benedengrens overschrijdt, wordt in een volgende teststap 410 vastgesteld of het aantal tellingen een gegeven bovengrens overschrijdt. Indien dit het geval is, wil dat zeggen dat de twee

10 vergeleken subbeelden nagenoeg identiek zijn, waarna aan een beeldelement dat nagenoeg in het centrum van het subbeeld gelegen is de laatstvastgestelde verplaatsingscomponenten  $DX$  en  $DY$  in de  $x$ - en  $y$ -richting wordt toegewezen. Verder wordt een betrouwbaarheidsgetal aan dit beeldelement toegewezen ter waarde 0 hetgeen verderop nog zal

15 worden toegelicht. Indien het getelde aantal de gestelde bovengrens niet overschrijdt, wordt in een volgende teststap getest of de bij de subbeelden behorende verschoven positie in een  $X$ -richting een maximale waarde  $DXM$  overschrijdt. Indien dit het geval is, wordt in een stap 416 aan het beeldelement de laatst berekende waarde  $DX$  van de

20 voorgaande verplaatsingsvector toegekend en een bijbehorende betrouwbaarheidsgetal gelijk aan 0 gesteld.

Na beide opdrachtblokken 414 en 416 worden de opdrachten van een blok 418 uitgevoerd waarin wordt getest of een verplaatsing  $DY$  in de  $y$ -richting van het ene subbeeld ten opzichte

25 van het andere een maximale verplaatsing  $DYM$  heeft overschreden. Is dit het geval dan wordt in een opdracht 420 aan het beeldelement de voor de voorgaande vector laatst berekende verplaatsing  $DY$  toegewezen en het bijbehorende betrouwbaarheidsgetal wordt gelijk aan 0 gesteld.

Na uitvoering in van de opdrachten in blokken 412, 418

30 of 420 worden de gegenereerde posities en bijbehorende tellingen van tekenwisselingen opgeslagen in het blok 422. In een volgende opdrachtenblok 424 worden de na elkaar gegenereerde tellingen die bij de verscheidene naast elkaar gelegen beeldelementen horen met elkaar vergeleken.

35 Een voorbeeld voor het uitvoeren van de opdrachten in blok 424 is gegeven in de IEEE Transactions on Medical Imaging, Vol. 4, Nr. 1984, op bladzijde 186 linkerkolom. Daarin wordt een eenvoudige

8603059

strategie gegeven om de verplaatsingsvector bij een beeldelement snel te vinden.

Indien in de na elkaar gevonden aantallen van tekenwisselingen een maximum aanwijsbaar is (dat wil zeggen het een na laatste vastgestelde aantal is groter dan het laatste en het op twee na laatste) dan wordt in blok 428 getest of in elk gewenst subbeeld een verplaatsingsvector is bepaald. Is dat niet het geval dan zullen de beeldverwerkingsmiddelen IP terugkeren naar stap 200 om een volgend subbeeld te selecteren.

Indien in stap 424 geen maximum aanwijsbaar is dan wordt een nieuwe verplaatsing gekozen (DX of DY wordt vergroot), waarna de beeldverwerkingsmiddelen terugkeren naar stap 300 om voor deze verplaatsing van de subbeelden ten opzichte van elkaar het aantal tekenwisselingen vast te stellen. Behalve de verplaatsingsvector DX, DY zoals zichtbaar in blok 422 worden ook het aantal tekenwisselingen en betrouwbaarheidsgetallen CURX, CURY opgeslagen om redenen die hierna zullen worden toegelicht.

In het voorgaande werd toegelicht hoe verplaatsingsvectoren die elk twee orthogonale componenten DX en DY bevatten, zijn bepaald. Voor een beeld is een matrix van verspreid over dat beeld zijnde verplaatsingsvectoren bepaald, waaruit op bekende wijze voor elk beeldelement in een beeld een verplaatsingsvector wordt bepaald door interpolatie. Met deze geïnterpoleerde verplaatsingsvectoren kan de positie van elk beeldelement in het beeld worden gecorrigeerd. In figuur 3 is schetsmatig een voorbeeld van een dergelijke positiecorrectie weergegeven. In figuur 3 zijn verscheidene verplaatsingsvectoren aangegeven waarvan het beginpunt in het midden van een beeldelement is en het eindpunt (de pijlpunt) het midden van de gecorrigeerde positie van een beeldelement is. Nu zullen in de praktijk de verplaatsingsvectoren niet exact een verplaatsing weergeven over een integer aantal beeldelementen. Dit betekent dat een beeldelement met een gecorrigeerde positie tussen de oorspronkelijke posities van een van de beeldelementen inligt. Verder zullen de afmetingen van de gecorrigeerde beeldelementen niet constant zijn hetgeen in figuur 3 op schematische wijze is weergegeven. In figuur 3 zijn de beeldelementen in de kolommen  $i$ ,  $i+1$  tot en met  $i+4$  en in de rij  $j+1$  weergegeven met

8603059

de bijbehorende verplaatsingsvectoren. Duidelijk is te zien dat de met de streeplijnen getekende gecorrigeerde beeldelementen tussen het originele beeldelementraster invallen. Ook is te zien dat de afmetingen van de gecorrigeerde beeldelementen veranderen omdat de eindpunten van de weergegeven verplaatsingsvectoren dichter bij elkaar liggen dan de beginpunten van dezelfde verplaatsingsvectoren. Uit het voorgaande volgt dat indien dit gecorrigeerde beeld met het andere beeld wordt vergeleken om een verschilbeeld te bepalen eerst een transformatie van de gecorrigeerde beeldelementen nodig is om tot vergelijkbare beeldelementen te komen. Duidelijk is dat het voorgaande een relatief omslachtig rekenwerk betekent. Om dit te vermijden, is volgens de uitvinding de volgende berekening uitgevoerd. In plaats van het gebruik van de positief gerichte verplaatsingsvectoren zoals in figuur 3 in het eerste beeld I is weergegeven, wordt nu in het tweede beeld II zoals in figuur 4 is getoond de negatieve verplaatsingsvector gebruikt om de nodige beeldwaarden te bepalen. Zo is bijvoorbeeld in beeldelement  $i, j+1$  de vector  $-V(i, j+1)$  weergegeven hetgeen de negatieve vector  $V(i, j+1)$  is die in figuur 3 is weergegeven. Het voorgaande betekent dat de beeldelementwaarde die hoort bij het uiteinde van de vector  $V(i, j+1)$  hetgeen met een kruisje in de figuur 4 is aangegeven, wordt bepaald door de beeldelementwaarde van het tweede beeld behorende bij de beeldelementen  $(i-1, j-1)$ ;  $(i, j-1)$ ;  $(i-1, j)$  en  $(i, j)$ . Door het uitvoeren van een bilineaire interpolatie tussen de beeldelementwaarden van deze vier beeldelementen wordt nu de beeldelementwaarde bepaalde voor het beeldelement met de positie indices  $(i, j+1)$ . Door nu voor elk beeldelement van beeld II in figuur 4 een nieuwe beeldelementwaarde te bepalen op de voorgaand beschreven wijze worden voor de beeldelementen die overeenkomen met de beeldelementen van beeld I in figuur 3 beeldelementwaarden vastgesteld waarmee onmiddellijk een verschilbeeld kan worden bepaald.

Zoals aan de hand van figuur 2 werd toegelicht, worden behalve de correctiewaarden  $DX$  en  $DY$ , die samen een verplaatsingsvector vormen, tevens per verplaatsingsvector opgeslagen het aantal tekenwisselingen  $NSC$  wat bij die verplaatsingsvector is bepaald plus betrouwbaarheidsgetallen  $CURX$  en  $CURY$  opgeslagen. Deze betrouwbaarheidsgetallen  $CURX$  en  $CURY$  zijn een maat voor de betrouwbaarheid van de richtingscomponenten  $DX$  en  $DY$  van de

8603059

verplaatsingsvector. Duidelijk zal zijn, dat indien het aantal tekenwisselingen in test 404 (zie figuur 2) beneden de gestelde benedengrens van 40% van het maximaal aantal haalbare tekenwisselingen is gebleven aan zulk een vector de betrouwbaarheid 0 wordt toegekend.

- 5 Ook indien het aantal tekenwisselingen boven een gestelde bovengrens komt, hetgeen wordt getest in stap 410 (zie figuur 2), wordt het betrouwbaarheidsgetal op 0 gesteld. In een dergelijk geval bevatten de twee met elkaar vergeleken subbeelden nagenoeg geen informatie, die relevant is voor het verschilbeeld. Voorgaande betekent dat een
- 10 eventueel daarbij bepaalde verplaatsingsvector irrelevante informatie bevat voor een eventueel te corrigeren verschilbeeld. Bij de werkwijze en inrichting volgens de uitvinding wordt ernaar gestreefd slechts die verplaatsingsvectoren te gebruiken welke een voldoende betrouwbaarheid hebben en die relevant zijn voor het te bepalen verschilbeeld. Evenzo
- 15 wordt bij het bereiken van een limit DXM, DYM door de vastgestelde componenten van de verplaatsingsvectoren DX, DY het betrouwbaarheidsgetal voor de bijbehorende component van de verplaatsingsvector gelijk aan 0 gesteld, omdat verplaatsingen ter grootte van de gestelde limiet niet geacht worden voor te komen.

- 20 Voor de relevante gevallen waarin de betrouwbaarheidsgetallen niet op 0 worden gesteld, worden de betrouwbaarheidsgetallen als volgt bepaald. Het betrouwbaarheidsgetal CURX, CURY is tweemaal het grootste aantal tekenwisselingen dat bij een bijbehorende integerverplaatsingsvector is vastgesteld,
- 25 verminderd met het aantal tekenwisselingen wat bij de verplaatsingsvector hoort, die een iets grotere component in dezelfde richting heeft, en verminderd met het aantal tekenwisselingen dat behoort bij de verplaatsingsvector, die een kleinere component in dezelfde richting heeft. In formule vorm:

30 
$$CURX = 2 \times NSC(DX, DY) - NSC(DX-1, DY) - NSC(DX+1, DY).$$

$$CURY = 2 \times NSC(DX, DY) - NSC(DX, DY-1) - NSC(DX, DY+1).$$

- In de voorgaande formules is NSC het aantal tekenwisselingen dat in een subverschilbeeld is vastgesteld. De indices DX, DY geven de verplaatsing aan in x- respectievelijk in y-richting die het ene
- 35 subbeeld ten opzichte van het subbeeld heeft ondergaan. Het theoretische maximum van de betrouwbaarheidsgetallen CURX en CURY is tweemaal het aantal beeldelementen van een submatrix, hetgeen in de

**8603059**

praktijk niet wordt benaderd. Een grote getalwaarde van het betrouwbaarheidsgetal betekent dat bij een gegeven integerverplaatsingsvector de subbeelden goed aan elkaar gelijk zijn en in de direkt ernaast gelegen posities veel minder aan elkaar gelijk  
5 zijn.

Ook indien een bepaalde vector sterkt afwijkt ten opzichte van zijn burens is het aannemelijk dat de desbetreffende vector foutief is. Dus ook de afwijking ten opzichte van de burens is een mogelijke maat voor de betrouwbaarheid. Volgens de uitvinding  
10 wordt nu een betrouwbaarheids criterium berekend dat zowel op de betrouwbaarheidsgetallen CURX, CURY en op de afwijking van de onderlinge vectoren is gebaseerd. Er zijn hier twee situaties te onderscheiden, namelijk een eerste situatie waarin het betrouwbaarheidsgetal CURX of CURY het aantal beeldelementen in een  
15 submatrix overschrijdt, en een tweede geval waarin het aantal beeldelementen NPIX in de submatrix groter is dan het betrouwbaarheidsgetal CURX of CURY. In het eerste geval is een mogelijk, in de praktijk bruikbaar gebleken betrouwbaarheids criterium  
20  $RX = 0,6 + 0,1 \times$  (het aantal buurvectoren, waarvan de richtingscomponent in de x-richting minder dan een beeldelementbreedte verschilt). In het tweede geval is een mogelijk, in de praktijk bruikbaar gebleken betrouwbaarheids criterium  $RX = 0,6 \times (CURX/NPIX) + 0,1 \times$  (het aantal buurvectoren, waarvan de verplaatsingscomponent in de x-richting minder dan een beeldelementbreedte verschilt). Hetzelfde  
25 betrouwbaarheids criterium wordt bepaald voor de componenten in de y-richting van de verplaatsingsvectoren. Na berekening van de betrouwbaarheids criteria zijn voor elke verplaatsingsvector van de matrix de begincoördinaten X en Y, een component van de verplaatsingsvector in de x-richting en evenzo een component in de y-  
30 richting alsook de betrouwbaarheids criteria RX en RY voor respectievelijk de component DX en de component DY van de verplaatsingsvector in het geheugen M3 opgeslagen.

Na het vaststellen van de betrouwbaarheids criteria voor elke component van elk verplaatsingsvectoren in de matrix kunnen de  
35 componenten van de verplaatsingsvectoren met een lager betrouwbaarheids criterium verbeterd worden door informatie van de componenten van de verplaatsingsvectoren met een hoger

8603059

betrouwbaarheids criterium te gebruiken. Voor elke component van een verplaatsingsvector wordt een nieuwe component berekend door middel van een gewogen gemiddelde, waarbij het verschil in betrouwbaarheid ten opzichte van de componenten in zijn directe omgeving als weegfactor wordt gebruik. Hierbij wordt opgemerkt dat de naburige componenten, welke een betrouwbaarheids criterium hebben dat lager is dan het betrouwbaarheids criterium van de opnieuw te berekenen vectorcomponent niet worden meegenomen. In figuur 5a en 5b zijn enkele matrixelementen van verplaatsingsvectoren weergegeven. De matrixelementen hebben de x- en y-coördinaatwaarden K-k, K, K+k, L-k, L en L+k (bijvoorbeeld k = 32). In figuur 5a zijn voor de verschillende matrixelementen de betrouwbaarheids criteria RX ingevuld. In figuur 5b zijn voor de overeenkomstige matrixelementen de bijbehorende componenten DX in x-richting ingevuld. Hierna wordt een voorbeeld gegeven hoe voor de verplaatsingsvectorcomponent DX voor het beeldelement K, L een nieuwe component DX' wordt berekend, waarbij de vectorcomponenten van de matrixelementen (L, K+k) en (L+k, K) niet worden meegenomen omdat het betrouwbaarheids criterium RX voor deze matrixelementen lager is dan het betrouwbaarheids criterium van het matrixelement (L, K). De nieuwe component DX' van de verplaatsingsvector (L, K) heeft de waarde:

$$DX' = \frac{0,4 \times 1,4 + (0,6 - 0,4) \times 0,6 + (0,7 - 0,4) \times 0,4}{0,4 + (0,6 - 0,4) + (0,7 - 0,4)} = 0,888$$

In de praktijk is gebleken dat indien op voorgaande wijze voor elk matrixelement een nieuwe component voor elke verplaatsingsvector is berekend, dat na een tweede iteratie een voldoende betrouwbaarheid is verkregen voor elke vector binnen de matrix. Hierna wordt uit de aldus bepaalde vectoren met behulp van een bilineaire interpolatie per beeldelement van een eerste deel een verplaatsingsvector berekend, waarna met behulp van de negatieve verplaatsingsvector in het tweede beeld een beeldwaarde wordt berekend voor het met het beeldelement in het eerste beeld corresponderende beeldelement, waarbij van de hiervoor aan de hand van figuur 3 en figuur 4 beschreven terugprojectiemethode gebruik wordt gemaakt.

8603059

## Conclusies:

1. Inrichting voor het bepalen van een verschilbeeld uit een eerste en een tweede beeld welke inrichting geheugenmiddelen voor het opslaan van het eerste en het tweede beeld, rekenmiddelen voor het selecteren van een in beeldelementen verdeeld subbeeld binnen  
5 het eerste en het tweede beeld, voor het verplaatsen van het ene subbeeld ten opzichte van het andere, voor het vergelijken van de waarden van de overeenkomstige beeldelementen van de twee subbeelden en het daaruit vaststellen van een gelijkheidswaarde en een verplaatsingsvector van het verplaatste subbeeld waarbij de  
10 gelijkheidswaarde maximaal is en verdere geheugenmiddelen bevat voor het opslaan van de vastgestelde verplaatsingsvector, waarbij verder de rekenmiddelen zijn ingericht voor het corrigeren van de positie van een beeldelement van een eerste beeld met de vastgestelde verplaatsingsvector en voor het uit het gecorrigeerde eerste en uit  
15 het tweede beeld bepalen van een verschilbeeld, met het kenmerk, dat de rekenmiddelen verder zijn ingericht voor het bepalen van bij verscheidene beeldelementen behorende verplaatsingsvectoren voor het corrigeren van de posities van beeldelementen van het eerste beeld met de lokaal vastgestelde verplaatsingsvectoren, die na vaststelling in  
20 geheugenmiddelen zijn opgeslagen.
2. Inrichting volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat elke verplaatsingsvector twee of meer dwars op elkaar gerichte componenten heeft.
3. Inrichting volgens conclusie 1 of 2, met het kenmerk,  
25 dat de rekenmiddelen zijn ingericht om per beeldelement een verplaatsingsvector uit te rekenen met behulp van een bilineaire interpolatie in een matrix van verplaatsingsvectoren, die regelmatig verspreid over een beeld zijn bepaald.
4. Inrichting volgens conclusie 1, 2 of 3, met het  
30 kenmerk, dat de verdere geheugenmiddelen per verplaatsingsvector verscheidene geheugenplaatsen bevatten voor het opslaan van diens positie, diens richtingscomponenten en van een betrouwbaarheids criterium per richtingscomponent.
5. Inrichting volgens conclusie 4, waarbij voor het  
35 bepalen van de gelijkheidswaarde de rekenmiddelen zijn ingericht om elke beeldelementwaarde van althans een subbeeld met een bedrag te vergroten of te verlagen, indien de som van de positie-indices van het

**8603059**

betreffende beeldelement even respektievelijk oneven is, om een verschil tussen overeenkomstige beeldelementen in de twee subbeelden te bepalen en om het aantal tekenwisselingen van de verschillen in de elkaar opvolgende beeldelementen te bepalen, met het kenmerk, dat de

5 rekenmiddelen althans de aantallen tekenwisselingen behorende bij ten minste de laatste, een en twee-na laatste verplaatsing van het ene subbeeld ten opzichte van het andere in geheugenmiddelen opslaan en uit de verschillen van de aantallen een betrouwbaarheidsgetal bepalen.

6. Inrichting volgens conclusie 5, met het kenmerk, dat de

10 rekenmiddelen voor elke orthogonale component van een verplaatsingsvector drie aantallen tekenwisselingen behorende bij de drie laatste posities in de richting van de component bepalen voor het berekenen van een betrouwbaarheidsgetal uit de verschillen tussen enerzijds het grootste aantal en anderzijds de twee andere aantallen.

15 7. Inrichting volgens conclusie 6, met het kenmerk, dat de rekenmiddelen zijn ingericht om richtingscomponenten van naburige verplaatsingsvectoren te vergelijken en om een betrouwbaarheids criterium gebaseerd op een betrouwbaarheidsgetal behorende bij een eerste richtingscomponent met een bedrag te

20 verhogen, indien de eerste richtingscomponent minder dan een instelbare maat afwijkt van de naburige richtingscomponent.

8. Inrichting volgens conclusie 7, met het kenmerk, dat de rekenmiddelen zijn ingericht voor het bepalen van een som van met betrouwbaarheids criteria gewogen richtingscomponenten, welke

25 richtingscomponenten een te vervangen richtingscomponent en diens direkte burens omvatten, waarbij de rekenmiddelen slechts die burens in de te bepalen som betrekken wiens betrouwbaarheids criterium groter is dan dat van een te vervangen richtingscomponent, welke som in de geheugenmiddelen wordt opgeslagen ter vervanging van een tot dan toe

30 in de geheugenmiddelen opgeslagen richtingscomponent.

9. Werkwijze voor het bepalen van een verschilbeeld uit twee na elkaar gemaakte beelden van een object, waarbij uit elk van de twee in beeldelementen onderverdeelde beelden een subbeeld wordt

35 gekozen, die elk dezelfde beeldelementen bevatten en steeds met elkaar worden vergeleken na ten opzichte van elkaar te zijn verplaatst, waarbij een maat voor de afwijking tussen beeldelementwaarden van de beeldelementen in elke verplaatste situatie wordt vastgesteld, en dat

8603059



- met een verplaatsingsvector, waarbij de maat voor de afwijking het kleinst is, de positie van een beeldelement in een beeld wordt gecorrigeerd, waarna het verschilbeeld wordt bepaald, met het kenmerk, dat een matrix van verspreid over het beeld zijnde
- 5 verplaatsingsvectoren worden bepaald en dat per beeldelement een verplaatsingsvector wordt bepaald door een interpolatie van de verplaatsingsvectoren in de matrix, waarna de posities van beeldelementen in een beeld worden gecorrigeerd met de lokaal vastgestelde verplaatsingsvectoren.
- 10 10. Werkwijze volgens conclusie 9, met het kenmerk, dat na het bepalen van een verplaatsingsvector deze verplaatsingsvector als begingrootheid wordt gebruikt bij het bepalen van een naburige vector.
11. Werkwijze volgens conclusie 9 of 10, met het kenmerk, dat een beeldelementwaarde van een te corrigeren beeld wordt bepaald
- 15 door voor dat beeldelement gecorrigeerde coördinaten te bepalen door combinatie van de coördinaten van dat beeldelement en de geïnverteerde verplaatsingsvector, waarna een beeldelementwaarde voor dat beeldelement wordt bepaald door interpolatie van beeldwaarden behorende bij beeldelementen met coördinaten in de directe omgeving
- 20 van de gecorrigeerde coördinaten.
12. Werkwijze volgens conclusie 9 of 10, met het kenmerk, dat uit de beeldelementwaarden van de met de verplaatsingsvectoren gecorrigeerde beeldelementen door interpolatie beeldelementwaarden wordt berekend voor beeldelementen in de posities van de
- 25 beeldelementen van het ongecorrigeerde beeld.
13. Werkwijze volgens conclusie 11 of 12, met het kenmerk, dat de interpolatie een bilineaire interpolatie is.
14. Werkwijze volgens conclusie 9 of 10, waarbij voor de bepaling van de maat voor de afwijking de waarde van elk beeldelement
- 30 van een van de subbeelden met een bedrag wordt vergroot óf verlaagd, indien de som van positie-indices van het beeldelement even respektievelijk oneven is, waarna een verschilsubbeeld wordt bepaald en het aantal tekenwisselingen tussen de naast elkaar gelegen beeldelementen in het verschilbeeld wordt geteld, met het kenmerk, dat
- 35 bij een positie, waarbij het aantal getelde tekenwisselingen een van tevoren gesteld fractie van het maximum aantal mogelijke tekenwisselingen overschrijdt, de maat voor de afwijking als zijnde

**8603059**

het kleinst wordt vastgesteld.

15. Werkwijze volgens conclusie 14, met het kenmerk, dat het aantal tekenwisselingen, die bij tenminste de laatste, een- en twee na laatste positie van het ene subbeeld ten opzichte van het  
5 andere subbeeld horen, worden opgeslagen, waarna uit de verschillen van de aantallen een betrouwbaarheidsgetal wordt bepaald.

16. Werkwijze volgens conclusie 15, met het kenmerk, dat de verplaatsingsvector is samengesteld uit orthogonale richtingscomponenten, waarbij voor elke component drie aantallen  
10 behorende bij de drie laatste posities in elke richting worden opgeslagen en een betrouwbaarheidsgetal voor elke richtingscomponent wordt gevormd.

17. Werkwijze volgens conclusie 16, met het kenmerk, dat het betrouwbaarheidsgetal wordt bepaald uit de verschillen tussen het  
15 het grootste bepaalde aantal enerzijds en de twee andere aantallen anderzijds.

18. Werkwijze volgens conclusie 15, 16 of 17, met het kenmerk, dat een verplaatsingsvector behorende bij een matrixelement wordt vergeleken met verplaatsingsvectoren behorende bij naburige  
20 matrixelementen, waarbij een betrouwbaarheids criterium gebaseerd op een betrouwbaarheidsgetal behorende bij een richtingscomponent van de eerstgenoemde vector met een bedrag wordt verhoogd, indien een richtingscomponent minder dan een van te voren instelbare maat afwijkt van de richtingscomponent van de naburige verplaatsingsvector.

25 19. Werkwijze volgens conclusie 15, 16, 17 of 18, met het kenmerk, dat een richtingscomponent van een verplaatsingsvector door een som van met betrouwbaarheids criteria gewogen richtingscomponenten wordt vervangen, welke richtingscomponenten de oorspronkelijke richtingscomponent en diens directe burens omvatten, waarbij slechts  
30 die burens een bijdrage in de som leveren, indien hun betrouwbaarheids criterium groter is dan dat van de te vervangen richtingscomponent.

20. Werkwijze volgens conclusie 9, met het kenmerk, dat het aantal verplaatsingen in een richting is begrensd tot een te kiezen  
35 maximum.

21. Werkwijze volgens conclusie 14, met het kenmerk, dat het bedrag wordt vergroot, indien voor iedere positie het aantal

**8603059**

tekenwisselingen beneden een gegeven benedengrens ligt.

22.           Werkwijze volgens conclusie 21, met het kenmerk, dat het bedrag stapsgewijs tot een gegeven maximum wordt vergroot, waarna indien het aantal tekenwisselingen beneden de benedengrens blijft aan  
5 het beeldelement een verplaatsingsvector gelijk aan de direct daaraan voorgaand bepaalde verplaatsingsvector en een betrouwbaarheidsgetal ter waarde van nul wordt toegewezen.

23.           Werkwijze volgens conclusie 14, met het kenmerk, dat aan een op zulke wijze vastgestelde verplaatsingsvector een  
10 betrouwbaarheidsgetal ter grootte van nul wordt toegewezen.

8603059

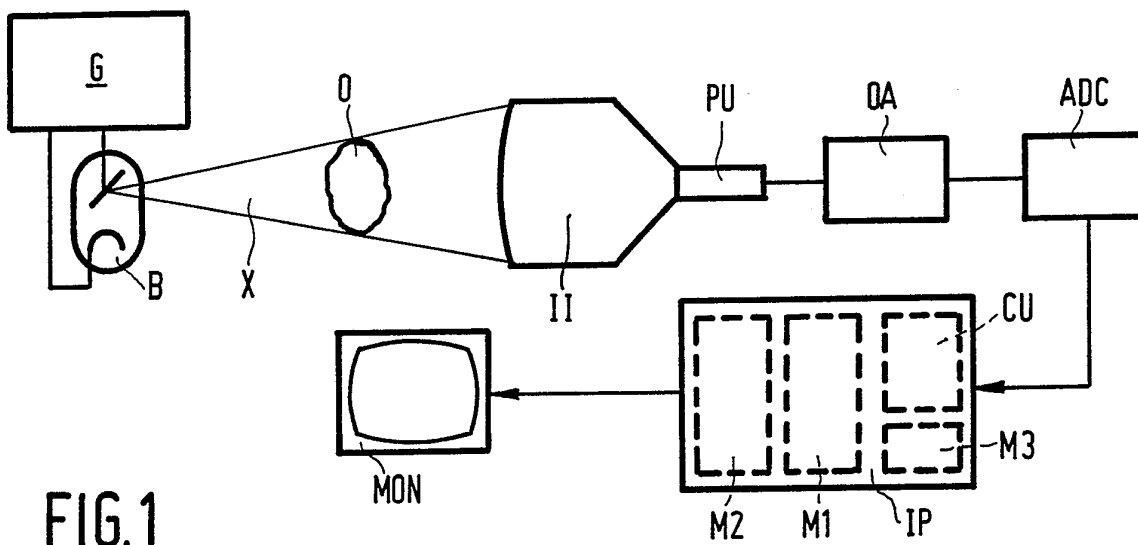


FIG. 1

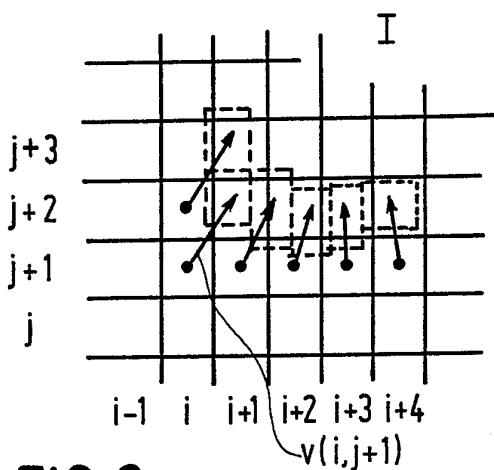


FIG. 3

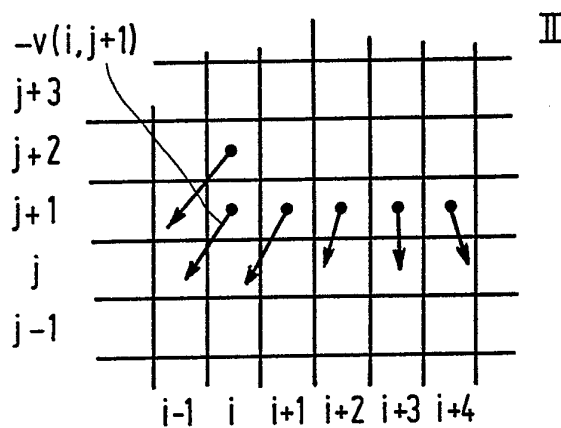


FIG. 4

K+k		0,2	
K	0,6	0,4	0,3
K+k		0,7	
	L-k	L	L+k

FIG. 5a

K+k		1,8	
K	0,6	1,4	1,6
K+k		0,4	
	L+k	L	L+k

FIG. 5b

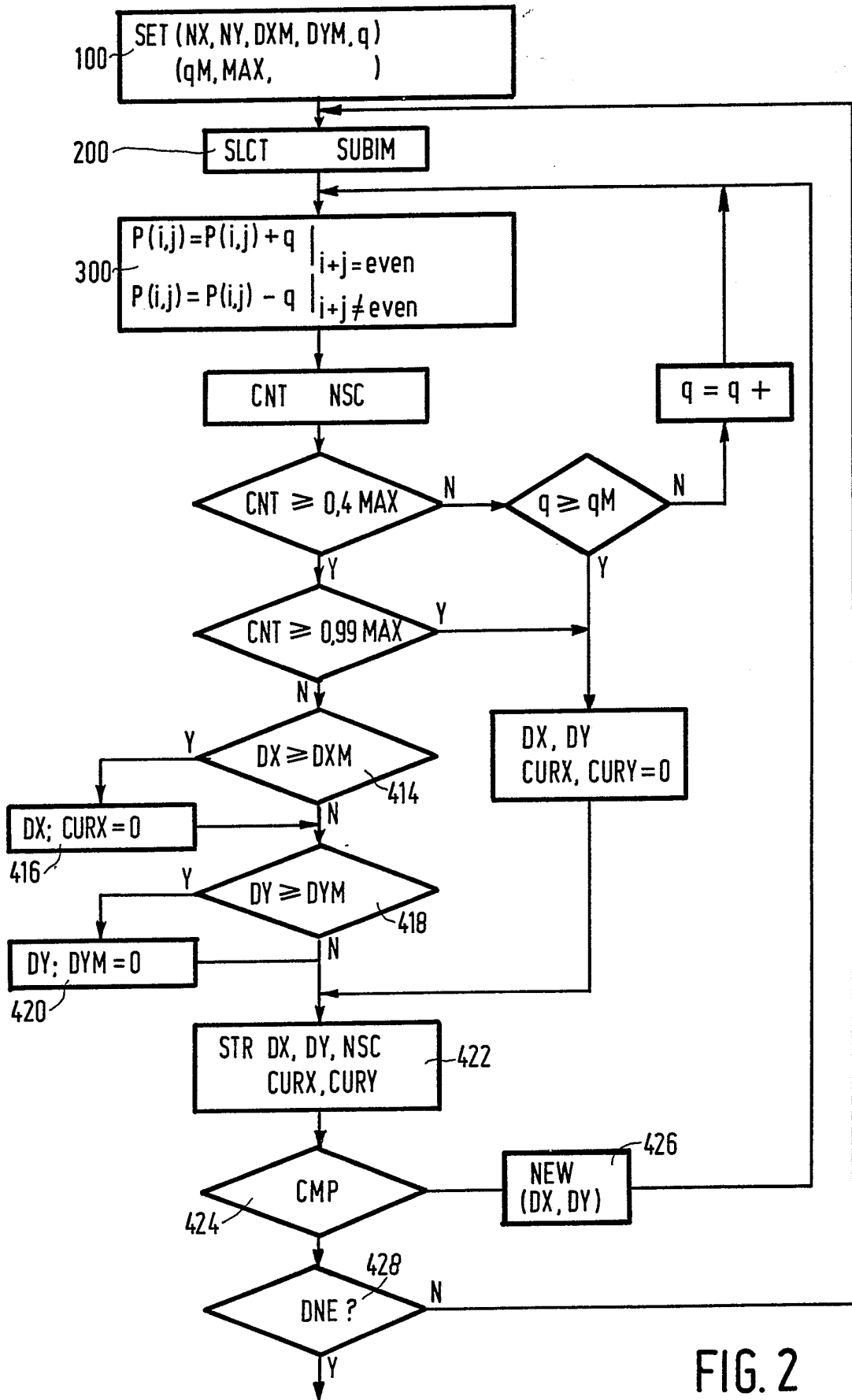


FIG. 2