



⑫ A **Terinzagelegging** ⑪ **8501845**

Nederland

⑲ NL

-
- ⑤4 **Werkwijze voor het vergroten/verkleinen van ditherbeelden.**
- ⑤1 Int.Cl⁴.: H04N 1/393.
- ⑦1 Aanvrager: Océ-Nederland B.V., Patents and Information, Postbus 101 te 5900 MA Venlo.
- ⑦4 Gem.: Geen..

-
- ⑳ Aanvraag Nr. 8501845.
- ㉑ Ingediend 27 juni 1985.
- ㉒ --
- ㉓ --
- ㉔ --
- ㉕ --

-
- ㉖ Ter inzage gelegd 16 januari 1987.

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

Werkwijze voor het vergroten/verkleinen van ditherbeelden

De uitvinding heeft betrekking op een werkwijze voor het vergroten/verkleinen van een ditherbeeld dat met behulp van een dithermatrix is verkregen uit een gerasterd grijswaardenbeeld.

Werkwijzen voor het ditheren van analoge beeldinformatie zijn op 5 zich bekend. Bij deze werkwijzen wordt een te ditheren afbeelding met geschikte middelen punt voor punt afgetast en van elk punt wordt de grijswaarde bepaald. Vervolgens wordt het verkregen raster van grijswaarden onderverdeeld in aansluitende deelrasters waarvan de afmetingen overeenstemmen met die van een dithermatrix die ingevuld is met een 10 willekeurige vooraf gekozen verdeling van alle binnen een deelraster mogelijke grijswaardedrempels. In elk deelraster wordt nu het grijswaardenniveau van elk rasterpunt vergeleken met de corresponderende drempelwaarde uit de dithermatrix. Is de grijswaarde groter dan de drempelwaarde, dan wordt een logische "1" toegekend aan het betreffende 15 rasterpunt, is de grijswaarde lager dan de drempelwaarde dan wordt een logische "0" toegekend aan het betreffende rasterpunt. Op deze wijze wordt de analoge beeldinformatie omgevormd tot een raster van tweewaardige pixels of beeldelementen door middel waarvan bijvoorbeeld een afdruginrichting kan worden gestuurd om de afbeelding zichtbaar te maken, 20 of door middel waarvan de beeldinformatie kan worden overgedragen over transmissielijnen, bijvoorbeeld in faksimile-toepassingen.

In veel gevallen is het noodzakelijk of wenselijk om het beeld, waarvan de informatie in geditherde vorm aanwezig is, te kunnen vergroten of verkleinen. Bij faksimile-transmissie kan verkleinen wenselijk 25 zijn om het over te dragen aantal bits en daarmee de benodigde bandbreedte van de transmissielijn te verminderen. Bij het weergeven van een beeld gebruik makend van de ditherinformatie kan het nodig zijn om de informatie aan te passen aan de resolutie van de afdruginrichting zodanig dat de verkregen afdruk een vooraf bepaalde grootte heeft.

30 Bovendien kan vergroten of verkleinen van de afbeelding met een bepaalde factor door een gebruiker gewenst worden.

Een werkwijze voor het verkleinen/vergroten van een afbeelding is bijvoorbeeld beschreven in US.4.394.693. Volgens deze bekende werkwijze worden voor het verkleinen van een afbeelding eenvoudig afhankelijk van 35 de gewenste verkleiningsfactor een aantal rijen en kolommen weggelaten. Om een verkleining te bereiken met een factor a/b worden uit elke groep van b lijnen/kolommen van de ingangsaafbeelding er $b - a$ weggelaten om de gewenste uitgangsaafbeelding te verkrijgen. Het aantal weg te laten

lijnen/kolommen (b - a) wordt zo regelmatig mogelijk verdeeld over de groep van b lijnen/kolommen.

Bij het vergroten van een afbeelding wordt op soortgelijke wijze een aantal rijen en kolommen toegevoegd. Om een vergroting te bereiken met een factor c/b worden aan elke groep van b lijnen/kolommen van de ingangsaafbeelding c - b lijnen/kolommen toegevoegd. Ook hier wordt het aantal toe te voegen lijnen/kolommen (c - b) zo regelmatig mogelijk verdeeld over de groep van b lijnen/kolommen. Elk van de toegevoegde lijnen/kolommen heeft hetzelfde pixelpatroon als een van de naburige lijnen/kolommen.

Bij zuivere zwart/wit-afbeeldingen zoals tekeningen kan deze werkwijze acceptabele resultaten opleveren, maar wordt deze werkwijze toegepast bij geditherde afbeeldingen waarin meerdere grijswaardenniveau's voorkomen, zoals foto's en dergelijke, dan treden er een aantal problemen op.

Door de min of meer regelmatige structuur waarin de pixels uit het pixelraster worden verwijderd bij verkleinen respectievelijk waarmee lijnen/kolommen aan het raster worden toegevoegd bij vergroten ontstaat er Moiré-*vervorming*. De regelmatige structuur, waarmee de pixels worden weggelaten respectievelijk toegevoegd interfereert met de regelmatige structuur die in de geditherde foto's aanwezig is als gevolg van de ditherwerkwijze.

Bij het verkleinen van een afbeelding ontstaat er geen Moiré-*vervorming* in die gevallen waarin het weglaatpatroon synchroon loopt met de gebruikte dithermatrix. Deze situatie zal zich echter slechts in een zeer beperkt aantal gevallen voordoen, bijvoorbeeld bij gebruik van een 8 x 8 dithermatrix en een reductie van 4 naar 3. In dat geval ontstaat echter wel een ander belangrijk nadeel. In dat geval worden namelijk consequent die pixels weggelaten, die telkens corresponderen met een zelfde gedeelte van de dithermatrix. Deze weggelaten pixels vertegenwoordigen een aantal bepaalde grijswaardedrempels en door nu alle pixels behorend bij deze bepaalde grijswaardedrempels weg te laten wordt het aantal grijswaardenniveau's in de verkleinde afbeelding sterk gereduceerd. In het bovenstaande voorbeeld van een 8 x 8 dithermatrix en een verkleining van 4 naar 3 neemt het aantal grijswaardenniveau's af van 65 naar 37 respectievelijk van 33 naar 19 (indien elke drempelwaarde in de 8x8 matrix twee keer voorkomt).

Er is getracht om de vorming van Moiré-*patronen* tegen te gaan door het weglaten/toevoegen van de pixels uit te voeren volgens een willekeurig schema zodanig dat de plaatsen waar pixels worden weggela-

ten/toegevoegd niet meer in een vaste structuur liggen. Dat leidt enerzijds weliswaar tot een verbetering in de kwaliteit van de verkregen verkleinde afbeelding in die zin, dat de Moiré-ervorming meer of minder wordt gereduceerd, anderzijds echter neemt de ruis in de afbeelding op zichtbare wijze toe, zodat zeker geen optimaal resultaat wordt verkregen.

In het bijzonder indien de weergeefinrichting in staat is om elke pixel met een hoge nauwkeurigheid en een hoge fijnheid af te drukken respectievelijk zichtbaar te maken treedt dit ruisachtig worden van de afbeelding sterk in het oog. Het verminderen of elimineren van de Moiré-patronen door het weglaten/toevoegen van de pixels volgens een willekeurig schema wordt dan verwisseld voor een sterke toename van de ruis in de afbeelding zonder dat er sprake is van een werkelijke kwaliteitsverbetering.

Een verder nadeel van de bekende werkwijze is het feit dat er geen al te grote verkleiningsfactoren toegepast mogen worden omdat bij grote verkleiningsfactoren een relatief groot aantal pixels, en daarmee een relatief groot gedeelte van de informatie-inhoud van de afbeelding, moet worden weggelaten.

De uitvinding heeft nu ten doel een werkwijze te verschaffen waarmee een ditherafbeelding kan worden verkleind of vergroot onder de toepassing van een ruim scala aan conversiefactoren, zodanig dat de informatieinhoud van de oorspronkelijke afbeelding niet of nauwelijks wordt aangetast, het optreden van Moiré-ervorming wordt voorkomen en de signaal/ruis-verhouding van de afbeelding niet of althans niet in significante mate wordt beïnvloed.

In overeenstemming met deze doelstelling verschaft de uitvinding een werkwijze voor het vergroten/verkleinen van een ditherbeeld, dat met behulp van een dithermatrix is verkregen uit een gerasterd grijswaardenbeeld, gekenmerkt door de volgende stappen

- a) het definiëren van aaneengesloten ingangsgebieden van $b \times b$ pixels in het ditherbeeld, welke ingangsgebieden bij een conversiefactor a/b afgebeeld moeten worden op uitgangsgebieden van $a \times a$ pixels,
- b) het bepalen van dat standaardpatroon uit een reeks van standaard patronen, elk verkregen door het met een eerste dithermatrix ditheren van een egaal met een unieke grijswaarde gevuld gebied dat de gemiddelde grijswaarde van het ditherpatroon in het ingangsgebied het dichtst benadert,
- c) het bepalen van de pixels in het ingangsgebied die afwijken van het

8501845

bepaalde standaard patroon,

d) voor elk uitgangsgebied met behulp van een tweede dithermatrix genereren van een standaard patroon corresponderend met de voor het overeenkomstige ingangsgebied bepaalde grijswaarde,

5 e) voor elk van de afwijkende pixels in een ingangsgebied door lineaire transformatie bepalen van de coördinaten van een overeenstemmende pixel in het uitgangsgebied en het aan deze pixel in het uitgangsgebied toekennen van dezelfde waarde als de betreffende afwijkende pixel in het ingangsgebied.

10 De uitvinding berust op het inzicht dat conversie-algoritmen niet zonder meer op enkele pixels mogen inwerken maar moeten inwerken op de structuur van de pixels of op de grijswaarde van een gebied zelf zonder de structuur van het gebied aan te tasten. Daartoe wordt volgens de uitvinding de gehele afbeelding verdeeld in een aantal aaneengesloten
15 relatief kleine ingangsgebieden en er wordt aangenomen dat lokaal de intensiteitsvariatie binnen deze ingangsgebieden beperkt zal zijn. Op grond van deze aanname wordt nu volgens de uitvinding de structuur in elk gebied gesplitst in een structuur die overeenkomt met een gemiddelde grijswaarde en een aantal daarvan afwijkende pixels die tezamen de
20 hoogfrequent component van het gebiedje vormen. Aangezien bij vergroten of verkleinen van een afbeelding de grijswaarde van elk van de ingangsgebieden niet zal veranderen kan deze grijswaarde direct worden overgebracht naar het uitgangsgebied. De hoogfrequente pixels worden vervolgens afgebeeld op het bijbehorende uitgangsgebied door een lineaire
25 coördinatentransformatie.

Alhoewel in het bovenstaande uitgegaan is van de aanname dat de intensiteitsvariaties in elk ingangsgebiedje beperkt zullen zijn is in de praktijk gebleken dat de werkwijze volgens de uitvinding ook goede
30 resultaten oplevert indien er wel een aanzienlijke variatie in een aantal gebieden gesignaleerd kan worden.

Om het aantal uit te voeren operaties tijdens de vergrotings/verkleiningsbehandeling te reduceren wordt bij voorkeur het aantal grijswaarden van de in stap d) gebruikte tweede dithermatrix gelijk gekozen aan het aantal grijswaarden in de eerste dithermatrix.

35 Een verdere reductie van het aantal behandelingsstappen kan worden bereikt indien in stap c) aan elk van de afwijkende pixels een amplitudewaarde wordt toegekend gelijk aan het verschil tussen de bij de pixel behorende drempelwaarde uit de eerste dithermatrix en de gemiddelde grijswaarde en dat alleen die afwijkende pixels op het corresponderende
40 uitgangsgebied worden afgebeeld waarvoor de amplitude groter is dan de

8501845

vooraf bepaalde drempelwaarde. Door het invoeren van een drempelwaarde worden alleen die afwijkende pixels uit het ingangsgebied afgebeeld op het corresponderende uitgangsgebied die een voldoende groot verschil vertonen met het gemiddelde grijsniveau van het betreffende ingangsge-
5 gebied. In de praktijk is gebleken dat bij een juiste keuze van deze drempelwaarde de signaal/ruis-verhouding van de verkleinde/vergroete afbeelding nagenoeg gelijk is aan die van de oorspronkelijke afbeelding.

Om de gemiddelde grijswaarde van elk ingangsgebied foutloos te kunnen bepalen verdient het de voorkeur dat de afmetingen van elk in-
10 gangsgebied gelijk zijn aan de afmetingen van de eerste dithermatrix of een geheel veelvoud daarvan. Daarmee wordt bereikt dat elke drempelwaarde in de dithermatrix bij het bepalen van de gemiddelde grijswaarde van een ingangsgebied een gelijk aantal keren bij de bepaling wordt be-
trokken.

15 Niet in alle gevallen zullen de afmetingen van de eerste dithermatrix corresponderen met de afmetingen van de ingangsgebieden. Indien er geen overeenstemming is verdient het de voorkeur maatregelen te nemen om de ditherstructuur in de ingangsgebieden te handhaven. In verband daarmee draagt een uitvoeringsvorm van de werkwijze volgens de uitvin-
20 ding het kenmerk dat indien de afmetingen van de eerste dithermatrix niet gelijk zijn aan de afmetingen van de ingangsgebieden in stap b) telkens gebruik wordt gemaakt van een voor elk ingangsgebied afzonderlijk te bepalen hulpmatrix die wordt gevonden door een aaneensluitende array van eerste dithermatrices te leggen op de aaneensluitende array
25 van ingangsgebieden waarbij de binnen elk gebied vallende drempelwaarden van de dithermatrices tezamen de hulpmatrix voor dat gebied vormen.

Over het algemeen zullen de afmetingen van elk uitgangsgebied niet gelijk zijn aan een geheel veelvoud van de afmetingen van de gebruikte
30 dithermatrix, zeker niet als voor de uitgangsgebieden eveneens de eerste dithermatrix wordt gebruikt. Om er nu voor te zorgen dat de gewenste ditherstructuur van de uitgangsafbeelding niet wordt aangetast verdient het de voorkeur dat voor het genereren van de standaardpatronen voor de grijswaarden van de uitgangsgebieden in stap d) telkens gebruik
35 wordt gemaakt van een voor elk gebied afzonderlijk te bepalen hulpmatrix die wordt gevonden door een aaneensluitende array van tweede dithermatrices te leggen op de aaneensluitende array van uitgangsgebieden waarbij de binnen elk gebied vallende drempelwaarden van de dithermatrices tezamen de hulpmatrix voor dat gebied vormen. Daarmee wordt
40 bereikt dat voor elk gebied afzonderlijk zowel in rijrichting als in

kolomrichting een zodanige verschuiving in de dithermatrix teweeg wordt gebracht dat, indien al deze hulpmatrices naast elkaar op de uitgangsgebieden worden geplaatst, de gewenste doorlopende ditherstructuur wordt verkregen.

5 Voorkeursuitvoeringsvormen voor het realiseren van de diverse stappen uit de werkwijze volgens de uitvinding alsmede inrichtingen waarmee de diverse stappen uitgevoerd kunnen worden, worden in het volgende in detail besproken met verwijzing naar de bijgaande figuren.

10 Figuur 1 toont een 8 x 8 dithermatrix die in een aantal nog te beschrijven voorbeelden zal worden gebruikt. In deze dithermatrix komt elke grijswaardedrempel 1...32 in het totaal twee maal voor. Het zal duidelijk zijn dat ook andere matrices kunnen worden toegepast waarin elke grijswaardedrempel slechts een maal voorkomt.

15 Figuur 2 toont een aantal aansluitende dithermatrices volgens figuur 1 ter toelichting van het ontstaan van Moiré'-patronen bij het verkleinen van een afbeelding.

Figuur 3 illustreert schematisch de werkwijze volgens de uitvinding.

20 Figuur 4 geeft twee standaard grijswaardepatronen vervaardigd met behulp van de dithermatrix uit figuur 1 voor de drempelwaarde 7 respectievelijk 23.

Figuur 5 illustreert schematisch een schakeling voor het bepalen van het gemiddelde grijswaardeniveau.

25 Figuur 6 illustreert schematisch een stroomschema van een werkwijze voor het bepalen van het gemiddelde grijswaardeniveau.

Aan de hand van de figuren 1 en 2 zullen allereerst kort nogmaals de nadelen van de stand der techniek worden besproken en verduidelijkt.

30 Figuur 1 toont een 8 x 8 dithermatrix waarin elke grijswaardedrempel 1...32 in het totaal twee maal voorkomt. Als een grijswaardenbeeld, dat met deze dithermatrix tot een raster van twee-waardige pixels is omgevormd, verkleind moet worden bijvoorbeeld met een factor $3/4$, dan betekent dit bij de bekende werkwijze dat telkens na elke drie lijnen/kolommen er een lijn/kolom weggelaten moet worden. In de figuur zijn de 35 weg te laten lijnen/kolommen omkaderd aangegeven. Uit de figuur blijkt dat bij deze conversiefactor $3/4$ alle pixels behorend bij de grijswaardedrempels 31, 28... (vierde kolom), 2, 6....(achtste kolom), 29, 24,...(vierde rij) en 3, 9, ... (achtste rij) uit de gehele afbeelding verdwijnen. Dat betekent dat het aantal grijswaardeniveau's in de 40 verkleinde afbeelding is teruggebracht van $32 + 1$ tot $18 + 1$. Er treedt in

8501845

dit geval weliswaar geen Moiré-ervorming op, maar door de sterke vermindering van het aantal grijswaarden wordt de beeldkwaliteit aanzienlijk verslechterd.

Bij andere, minder "mooie" conversiefactoren, bijvoorbeeld 2/3 zal dit verlies aan pixels, die allemaal behoren bij een of meer bepaalde grijswaardedrempel(s) niet optreden, maar door interferentie treden er in dat geval wel Moiré-patternen op. De periodiciteit die door het weglaten van kolommen, bijvoorbeeld bij de 8 x 8 dithermatrix van figuur 1 en een conversiefactor 2/3 in het verkleinde beeld ontstaat is geïllustreerd in figuur 2. In deze figuur zijn een aantal dithermatrices volgens figuur 1 naast elkaar geplaatst op de wijze waarop dit ook gebeurt tijdens het ditheren van een afbeelding. Uit deze figuur blijkt duidelijk dat er een herhalend patroon van telkens ontbrekende grijswaardekolommen optreedt waardoor de Moiré-ervorming wordt veroorzaakt. Deze vervorming leidt in de praktijk tot een aanzienlijke verslechtering van de beeldkwaliteit.

Figuur 3 illustreert schematisch de werkwijze die volgens de uitvinding wordt toegepast. De geditherde afbeeldingsinformatie 1 wordt in blok 2 met behulp van dezelfde dithermatrix 3, die werd gebruikt bij het ditheren van de oorspronkelijke afbeelding, gesplitst in een reeks van gemiddelde grijswaardeniveau's en een daarbij behorende reeks van hoogfrequente componenten. Elk van de elementen uit beide reeksen wordt vervolgens onderworpen aan een vergrotings/verkleinings-behandeling in de respectievelijke blokken 4 en 5 en vervolgens opnieuw geditherd in de respectievelijke blokken 6 en 7. Opgemerkt wordt dat de blokken 4 en 6 respectievelijk 5 en 7 ook gecombineerd kunnen zijn zoals in de figuur met stippellijnen is aangaveven, afhankelijk van de toegepaste operaties, welke in het volgende nog in detail zullen worden besproken. Daarna worden de bij elkaar behorende componenten van beide reeksen weer in het knooppunt 8 met elkaar gecombineerd tot het verkleinde/vergroete ditherbeeld. Elk van de diverse operaties uit figuur 3 zal in het volgende in meer detail worden besproken.

Er wordt volgens de uitvinding vanuit gegaan dat over het algemeen lokaal de intensiteitsvariatie in een foto of soortgelijke afbeelding niet al te groot is. Wordt derhalve een totale afbeelding verdeeld in een raster van aaneensluitende kleine deelgebiedjes, dan zal elk deelgebiedje een bepaalde gemiddelde grijswaarde hebben en tevens zullen er in elk deelgebiedje afwijkingen van deze gemiddelde grijswaarde optreden, in het volgende de hoogfrequente component genoemd, welke afwijkingen echter in overeenstemming met de bovenstaande aanname, niet erg

sterk zullen zijn.

Bij het vergroten of verkleinen van een afbeelding die verdeeld is in ingangengebieden van $b \times b$ pixels wordt elk ingangengebied afgebeeld op een uitgangengebied van $a \times a$ pixels waarbij de vergrotings/verkleiningsverhouding gelijk is aan a/b . Als nu de informatie uit elk ingangengebied op de bovenstaande wijze is verdeeld in een gemiddeld grijswaardeniveau en een van dit grijswaardeniveau afwijkende hoogfrequente component dan zal het duidelijk zijn dat bij het afbeelden van een ingangengebied op een uitgangengebied het grijswaardeniveau niet verandert. Voor het afbeelden van dit gemiddelde grijswaardeniveau op het uitgangengebied moet derhalve het uitgangengebied gevuld worden met een patroon van pixels dat overeenstemt met dit zelfde gemiddelde grijswaardeniveau.

In het volgende zal er ter vereenvoudiging van uit gegaan worden dat de tweede dithermatrix gelijk is aan de eerste dithermatrix.

De gemiddelde grijswaarde van een ingangengebied kan (in blok 2 in figuur 3) worden bepaald door het pixelpatroon van het ingangengebied (afkomstig van blok 1 in figuur 3) te vergelijken met een reeks standaardpatronen. Deze standaardpatronen ontstaan door het met de dithermatrix (afkomstig uit blok 3 in figuur 3) ditheren van een aantal afbeeldingsgebieden die elk gevuld zijn met een unieke grijswaarde uit de reeks mogelijke verschillende grijswaarden. In figuur 4 zijn twee van dergelijke standaardpatronen, geditherd met de matrix uit figuur 1 weergegeven. Figuur 4a toont het standaardpatroon dat ontstaat bij het ditheren van een egaal vlak met een grijswaarde boven de drempelwaarde 7 maar onder de drempelwaarde 8 en figuur 4b toont een standaardpatroon dat ontstaat bij het ditheren van een egaal vlak met een grijswaarde boven de drempelwaarde 23 maar onder de drempelwaarde 24. Het zal duidelijk zijn dat bij de in figuur 1 geïllustreerde dithermatrix een reeks van 32 standaardpatronen behoort. In het algemeen echter behoort bij een $n \times n$ dithermatrix waarin elke drempelwaarde slechts een keer voorkomt een reeks van n^2 standaardpatronen.

Door vergelijking van het pixelpatroon van een ingangengebied met de reeks van standaardpatronen kan dat standaardpatroon worden gevonden dat bij vergelijking het kleinste aantal afwijkende pixels oplevert. Dit standaardpatroon vertegenwoordigt dan de gemiddelde grijswaarde van het pixelpatroon in het ingangengebied. De pixels in het pixelpatroon van het ingangengebied die afwijken van dit geselecteerde standaardpatroon vormen de hoogfrequente component van het ingangengebied. Deze pixels worden gevonden door het geselecteerde standaardpatroon te verge-

lijken met het pixelpatroon van het ingangsgebied.

Figuur 5 toont een schakeling die voorzien is van een geheugen 11 van het EPROM-type. In dit geheugen worden tevoren alle mogelijke standaardpatronen in oplopende grijswaarde-volgorde opgeborgen. Deze standaardpatronen kunnen voor de gebruikte dithermatrix eenmalig worden vastgesteld. De schakeling van figuur 5 is verder voorzien van twee schuifregisters 12 en 13. Aan het schuifregister 13 wordt aan het begin van een vergelijkingsprocedure via de 64 bit leiding 22 het pixelpatroon van een ingangsgebied toegevoerd. Het schuifregister 13 is teruggekoppeld. In het schuifregister 12 wordt telkens om de 64 schuifpulsen een volgend standaardpatroon ingevoerd vanuit het geheugen 11. De uitgangen van de laatste trappen van de schuifregisters 12 en 13 zijn verbonden met de ingangen van een exclusieve OF-poort 14 waarvan de uitgang enerzijds verbonden is met de 5 bit teller 16 en anderzijds verbonden is met het 64 bit schuifregister 15. Door het synchroon toevoeren van schuifpulsen aan beide schuifregisters 12 en 13 wordt telkens het pixelpatroon van een ingangsgebiedje in register 13 vergeleken met een standaardpatroon in het register 12. Aan de uitgang van de poort 14 wordt een 1 afgegeven indien er voor een bepaald beeldpunt geen gelijkheid wordt geconstateerd tussen beide patronen. In dat geval wordt de 5 bit teller een stap opgehoogd.

De schuifklokpulsen \emptyset worden ook toegevoerd aan het 64 bit schuifregister 15 waarin dus voor elk standaardpatroon de afwijkende pixels worden opgeslagen.

Aan het einde van een standaardpatroon wordt door de 5 bit comparator 17 vastgesteld of de in de teller 16 geaccumuleerde waarde kleiner is dan de waarde in een 5 bit register 18, dat bij het begin van de vergelijkingsprocedure gevuld was met allemaal 1'en. Indien de inhoud van de teller 16 kleiner is dan die van het register 18 dan wordt de poort 19 geopend en wordt de inhoud van teller 16 ingeschreven in het register 18 in plaats van de eerder daarin aanwezige waarde. Vervolgens begint het vergelijken met het volgende standaardpatroon.

Omdat de standaardpatronen in de EPROM 11 in volgorde zijn opgeborgen kan de vergelijkingsprocedure worden gestopt zodra de waarde die telkens in de teller 16 wordt geaccumuleerd weer begint te stijgen, m.a.w. zodra de comparator 17 vaststelt dat de waarde in de teller 16 groter is dan de waarde in het register 18. Op dat moment bevindt zich in het schuifregister 12 het standaardpatroon dat overeenkomt met de gemiddelde grijswaarde van het ingangsgebiedje en in het register 15 bevindt zich de hoogfrequente component, dat wil zeggen het patroon van

die pixels die afwijken van de gemiddelde grijswaarde.

Het zal duidelijk zijn dat de gehele vergelijkingsprocedure ook kan worden uitgevoerd met behulp van een op geschikte wijze geprogrammeerde processor. In veel gevallen zullen echter stringente eisen worden gesteld aan de snelheid waarmee de vergelijkingsoperatie moet worden voltooid. Gebleken is dat in het algemeen de hardware-oplossing, waarvan figuur 5 een voorbeeld toont, aanzienlijk sneller werkt dan de software-oplossing.

Details van de software-oplossing worden niet gegeven omdat het uitwerken van een corresponderend programma op basis van de in het bovenstaande beschreven informatie binnen het bereik van een deskundige wordt geacht.

Het is mogelijk om de gehele vergelijkingsprocedure sneller uit te voeren indien zowel de gemiddelde grijswaardecomponent als de hoogfrequente component en het pixelpatroon van elk ingangsgebied wordt beschouwd als een vector en met de bijzondere eigenschappen van deze vectoren rekening wordt gehouden.

De volgende vectoren worden gedefinieerd:

\underline{y} = het pixelpatroon van het ingangsgebied

\underline{b} = het pixelpatroon van de gemiddelde grijswaardecomponent

\underline{h} = het pixelpatroon van de hf component.

Voor deze vectoren geldt $\underline{y} = \underline{b} \oplus \underline{h}$ met \oplus = optelling modulo 2.

Bij het vergelijken van het pixelpatroon van een ingangsgebied met de diverse standaardpatronen wordt in feite de Hamming-afstand bepaald tussen \underline{b} en \underline{y} . De Hamming-afstand kan worden beschouwd als het aantal posities waarin \underline{b} en \underline{y} van elkaar verschillen.

Aan elk van de mogelijke vectoren \underline{b} kan een uniek gewicht toegekend worden dat rechtstreeks gekoppeld is met de bijbehorende grijswaarde. Als de grijswaarde gelijk is aan i , dan is het aantal 1-en in de bijbehorende vector b_i gelijk aan 2^i (indien de dithermatrix uit figuur 1 wordt gebruikt. Bij dithermatrices waarin elke drempelwaarde slechts een keer voorkomt is het aantal enen gelijk aan i). De vectoren b_i kunnen aan de hand van dit gewicht in oplopende volgorde worden geordend (van deze ordening werd in figuur 5 in feite al gebruik gemaakt bij opslag van de standaardpatronen in het geheugen 11). Uit deze eigenschap van de vectoren b_i en uit de veronderstelling dat er in elk ingangsgebied geen sterke variaties zullen optreden volgt dat een goede schatting c gebruikt kan worden voor de gemiddelde grijswaarde c_i van een ingangsgebied door het aantal 1-en te tellen in een ingangsgebied. Voor het geval dat de hoogfrequente component $\underline{h} = 0$ dan is

8501845

deze schatting zelfs perfect. Indien derhalve het vergelijkingsproces niet begint bij een standaardpatroon aan een van de uiteinden van de reeks, zoals gedaan is in figuur 5, maar gestart wordt bij de geschatte waarde c , dan is het zeer waarschijnlijk dat al na enkele vergelij-

5 kingen waarbij i telkens met 1 verhoogd of met een wordt verlaagd dat patroon wordt gevonden waarvoor de Hamming-afstand minimaal is.

In figuur 6 is, deze keer in de vorm van een stroomschema, aangegeven op welke wijze deze gemodificeerde vergelijkingswerkwijze kan worden uitgevoerd. Zoals blijkt uit figuur 6 wordt het pixelpatroon van het

10 ingangsgebied ofwel de vector \underline{y} ingevoerd in het blok 30 waarin het aantal enen in dit patroon wordt geteld hetgeen een geschatte gemiddelde grijswaarde c oplevert, waarna op basis van dit aantal enen aan c_i en b_i een bijbehorende waarde wordt toegekend. Vervolgens wordt in blok 31 de Hamming-afstand $d(\underline{y}, b_i)$ voor deze bepaalde grijswaarde-

15 vector b_i bepaald. In blok 32 wordt gekeken of de bepaalde Hammingafstand kleiner is dan een variabele d die aanvankelijk op een waarde groter dan het aantal drempelwaarden, bijvoorbeeld 100, is gesteld. Is dit het geval, dan worden in blok 33 de variabelen c en d op nieuwe waarden ingesteld, de variabele i wordt met 1 verlaagd ($incr = -1$) en

20 vervolgens wordt teruggesprongen naar blok 31 om opnieuw de Hammingafstand voor de nieuwe b_i vast te stellen. Door verlagen van i wordt in de ene richting gezocht naar steeds kleinere waarden van d . Levert blok 32 een negatieve uitkomst op dan wordt in blok 34 gekeken naar het positief of negatief zijn van de stapvariabele $incr$. Deze stapvariabele

25 was aanvankelijk negatief gemaakt en in eerste instantie zal dan ook het blok 34 het antwoord "ja" opleveren hetgeen resulteert in het positief maken van de variabele $incr$ in blok 35 en het ophogen van de waarde c . Vervolgens wordt opnieuw teruggesprongen naar blok 31 en wordt nu bij toenemende waarden van i gezocht naar de kleinste Hamming-afstand.

30 Als blok 34 een negatief resultaat oplevert dan is de vergelijkingsprocedure voltooid. De waarden die op dat moment aan c en d zijn toegekend zijn de uiteindelijke gevraagde waarden voor de egale grijswaarde (waaruit direct de bijbehorende vector b_i kan worden afgeleid) en voor de bijbehorende minimale Hamming-afstand d .

35 Met behulp van de procedure die schematisch aangegeven is in figuur 6 is het gemiddelde aantal uit te voeren vergelijkingen teruggebracht tot 3 à 4, terwijl bij de procedure die verklaard is aan de hand van figuur 5 gemiddeld 16 vergelijkingen nodig waren (uitgaande van een dithermatrix met 32 drempelwaarden), hetgeen een significante reductie

40 inhoudt van de benodigde tijdsduur voor het voltooien van de procedu-

re.

Een verdere reductie kan worden gerealiseerd indien een beter gebruik wordt gemaakt van het bovengenoemde gewicht, dat aan elke vector \underline{b} kan worden toegekend. Om te beginnen wordt elke vector \underline{y} en \underline{b} geschreven als een reeks van enen en nullen gerangschikt in de oplopende volgorde van de bijbehorende drempelwaarden. Figuur 7a geeft een vereenvoudigde 4×4 dithermatrix met 16 grijswaardedrempels. Figuur 7b toont als voorbeeld het standaardpatroon voor de drempelwaarde 5, d.w.z. aan alle drempelwaarden ≤ 5 is een 1 toegekend en aan alle drempelwaarden >5 is een 0 toegekend. Wordt dit patroon geschreven als een reeks van enen en nullen in oplopende drempelwaardevolgorde, dan ontstaat een reeks met allereerst een aantal enen totdat de bij dit standaardpatroon behorende drempelwaarde is bereikt en vervolgens wordt de reeks voortgezet met een aantal nullen zoals hieronder is aangegeven.

15

drempelwaarde	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
\underline{y} -reeks	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Als nu een standaardpatroon wordt aangeboden zonder dat bekend is bij welke grijswaardedrempel dit patroon hoort dan moet gezocht worden naar die waarde van i waarvoor de Hamming-afstand $d(\underline{y}, \underline{b}_i)$ minimaal is. Deze afstand kan worden opgesplitst in twee deelafstanden, te weten:

$d_1(i)$ = de afstand tussen \underline{y} en \underline{b}_i in de vectorcoördinaten 1 tot en met i

25 $d_u(i)$ = de afstand tussen \underline{y} en \underline{b}_i in de vectorcoördinaten $i + 1$ tot en met n , indien n de maximale grijswaarde is.

In plaats van te zoeken naar een minimale $d(\underline{y}, \underline{b}_i)$ kan dus ook gezocht worden naar de minimale som van $d_1(i) + d_u(i)$. Uit de aard van de vectoren \underline{b}_i en uit de ingevoerde rangschikking van de enen en nullen in deze vectoren in overeenstemming met de oplopende drempelwaardevolgorde volgt eenvoudig dat $d_1(i)$ het aantal nullen is in de eerste i vectorcoördinaten en $d_u(i)$ het aantal enen is in de resterende vectorcoördinaten $i + 1$ tot en met n . Beide grootheden zijn iteratief te bepalen. Voor het in figuur 7b aangegeven patroon leidt dit tot het volgende rekenschema

35

drempelwaarde	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<u>y</u> -reeks	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$d_1(i)$	0	0	0	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$d_u(i)$	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5 $d_1(i) + d_u(i)$	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Zoals uit het bovenstaande schema blijkt heeft de som $d_1(i) + d_u(i)$ een minimum tussen de drempelwaarden 5 en 6, hetgeen inhoudt dat de gemiddelde grijswaarde in het onderzochte patroon de drempelwaarde 5 heeft. Deze grijswaardebepaling kan op dezelfde wijze worden uitgevoerd indien in het patroon een hoogfrequente component aanwezig is, d.w.z. indien een of meerdere pixels in het patroon van het standaardpatroon afwijken. In figuur 7c is een dergelijk afwijkend patroon aangegeven waarbij de pixel behorend bij de drempelwaarde 2 niet gelijk is aan 1 zoals in het standaardpatroon maar gelijk is aan 0, en waarin de pixel behorend bij de drempelwaarde 11 niet gelijk is aan 0 zoals in het standaardpatroon maar gelijk is aan 1. Het uitvoeren van de minimum bepaling voor het patroon uit figuur 7c loopt als volgt:

20 drempelwaarde	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<u>y</u> -reeks	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
$d_1(i)$	0	1	1	1	1	2	3	4	5	6	6	7	8	9	10	11
$d_u(i)$	5	4	4	3	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
$d_1(i) + d_u(i)$	5	5	5	4	3	3	4	4	5	6	7	7	8	9	10	11

25

Uit dit schema blijkt dat ook hier de minimale waarde van de som $d_1(i) + d_u(i)$ wordt gevonden tussen de drempelwaarden 5 en 6 hetgeen betekent dat het bijbehorende gemiddelde standaardpatroon dat patroon is waarvoor een 1 is toegekend aan alle drempelwaarden ≤ 5 .

30 Voor het bepalen van de beide reeksen $d_u(i)$ en $d_1(i)$ is het slechts nodig om de vectorreeks y twee maal te doorlopen, een keer heen en een keer terug en vervolgens de afzonderlijke componenten van de gevonden reeksen bij elkaar op te tellen. Daarmee wordt het aantal stappen dat uitgevoerd moet worden in vergelijking met de eerder beschreven
35 methoden nog verder gereduceerd. Het realiseren van zowel een hardware-oplossing als een software-oplossing wordt binnen het bereik van een deskundige geacht.

Een nog verdere reductie is mogelijk indien men uitgaande van een voldoende hoge waarde een reeks van getallen produceert waarbij elk ge-
40 tal telkens een lager is als een voorafgaand getal indien in het pa-

8501845

troon op de betreffende plaats een 0 voorkomt en elk getal telkens een groter is dan het voorafgaande getal indien op de betreffende plaats een 1 in het patroon voorkomt. Ook in dat geval zal deze reeks een minimum moeten bezitten dat ongeacht de aanwezigheid van een hoogfrequente component ligt bij de drempelwaarde corresponderend met het gemiddelde grijswaardepatroon. Een voorbeeld daarvan is in het onderstaande geïllustreerd aan de hand van het patroon van figuur 7c.

	drempelwaarde	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
10	<u>y</u> -reeks	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	tellerstand	16	17	16	15	14	15	16	17	18	19	18	19	20	21	22	23

Uit het bovenstaande blijkt dat de gegenereerde getalreeks die begonnen is met een waarde 16, welke waarde voldoende hoog is om ook indien het patroon geheel uit nullen bestaat het optreden van negatieve getallen in de reeks te vermijden, een minimum vertoont en wel bij de waarde 14 corresponderend met de drempelwaarde 5 en deze drempelwaarde correspondeert dus met het gemiddelde grijswaardepatroon van de vector y. Bij realisatie van deze procedure is het dus slechts nodig om in de eerste plaats het patroon te rangschikken zodanig dat de diverse enen en nullen in het patroon voorkomen in de oplopende volgorde van de bijbehorende drempelwaarden en vervolgens een op/neer-teller te voeden met deze reeks en te detecteren waar zich het minimum in de reeks bevindt.

Zowel realisatievormen hiervan in hardware als realisatievormen ervan in software worden op basis van de bovenstaande gegevens binnen het bereik van een deskundige geacht en zullen derhalve niet in detail worden besproken.

Is met behulp van een van de in het voorgaande beschreven methoden de gemiddelde grijswaardecomponent gevonden dan is het op eenvoudige wijze mogelijk om met behulp van een exclusieve OF-bewerking al die pixels op te sporen die afwijken van het met dit gemiddelde grijswaardeniveau overeenstemmende standaardpatroon. Voor het voorbeeld van figuur 7 zou dit betekenen dat de hoogfrequente component alleen een 1 bevat op de plaatsen van de drempelwaarden 2 en 11 en voor het overige slechts nullen bevat.

Vervolgens moeten zowel de gevonden gemiddelde grijswaarde als de hoogfrequente component worden onderworpen aan een vergrotings/verkleiningsoperatie in de respectievelijke blokken 4 en 5 van figuur 3, eventueel tegelijkertijd met een tweede ditherbewerking in de respectievelijke blokken 6 en 7 van figuur 3.

8501845

Moet bijvoorbeeld een afbeelding verkleind worden met een factor a/b dan houdt dat in dat elk ingangsgebied van $b \times b$ pixels afgebeeld moet worden op een uitgangsggebied van $a \times a$ pixels. Wordt voor het ditheren van de ingangsaafbeelding gebruik gemaakt van een dithermatrix van $b \times b$ grijswaarden en wordt voor het ditheren van elk uitgangsggebied gebruik gemaakt van een dithermatrix van $a \times a$ grijswaarden dan kan, zodra de gemiddelde grijswaarde van het ingangsggebied bekend is, voor het bijbehorende uitgangsggebied dat standaardpatroon van $a \times a$ pixels worden bepaald dat op basis van de betreffende uitgangsdithermatrix deze gemiddelde grijswaarde het dichtst benadert. Het zal echter duidelijk zijn dat daarbij ook het aantal grijswaardeniveau's in de uitgangsaafbeelding met a/b wordt gereduceerd, hetgeen ongewenst is.

Het verdient derhalve de voorkeur om de tweede dithermatrix (in de blokken 6 en 7 van figuur 3) gelijk te kiezen (tenminste wat betreft het aantal grijswaardeniveau's) aan de eerste dithermatrix (in blok 3 van figuur 3). In dat geval zal echter de dithermatrix in het algemeen niet meer correct passen op elk uitgangsggebied. Om egaal grijze gebieden foutloos te kunnen converteren moet ervoor gezorgd worden dat zowel de ingangsggebieden als ook de uitgangsggebieden goed gesynchroniseerd zijn met de te gebruiken dithermatrix. In figuur 8 is aangegeven hoe deze synchronisatie kan worden gerealiseerd.

In figuur 8 is met getrokken lijnen een array van ingangsggebieden A_{11} , A_{12} , A_{21} , A_{22} , ... enz. aangegeven. Elk van deze ingangsggebieden heeft dezelfde afmetingen als de gebruikte dithermatrix, in dit voorbeeld de dithermatrix die geïllustreerd is in figuur 7a. Deze dithermatrix is in elk van de gebieden A_{11} ... ingevuld. In de figuur zijn verder met behulp van stippellijnen de uitgangsggebieden B_{11} , B_{12} ,... B_{21} , B_{22} ,... enz. aangegeven waarop de ingangsggebieden met dezelfde indices respectievelijk moeten worden geprojecteerd. Het zal uit de figuur duidelijk zijn dat bij de gekozen dimensies een verkleining wordt nagestreefd met een factor $3/4$. (Ingangsggebieden van 4×4 pixels worden afgebeeld op uitgangsggebieden van 3×3 pixels.) De synchronisatie tussen de gebruikte dithermatrix en de uitgangsggebieden B wordt gehandhaafd indien voor het ditheren van elk afzonderlijk uitgangsggebied Bij gebruik wordt gemaakt van een deelmatrix die bestaat uit die drempelwaarden die in de figuur vallen binnen het betreffende gebied Bij. Dat houdt in dat de deelmatrix waarmee het gebied B_{12} moet worden geditherd bestaat in de eerste rij uit de drempelwaarden 7 1 4, in de tweede rij bestaat uit de drempelwaarden 13 8 14 en in de derde rij bestaat uit de drempelwaarden 9 11 5. Ook voor deze deelmatrix bestaan er

een reeks van (in dit geval negen) standaardpatronen en uit deze reeks van standaardpatronen wordt dat patroon gekozen waarmee de gemiddelde grijswaarde van het bijbehorende ingangsgebied A₁₂ het dichtst wordt benaderd. Door op deze wijze verschillende deelmatrices te formuleren
 5 wordt in feite de oorspronkelijke dithermatrixstructuur niet aangetast en wordt een foutloze conversie verkregen van de gemiddelde grijswaardeniveau's.

Deze techniek kan overigens ook toegepast worden indien de afmetingen van de ingangsgebieden niet overeenstemmen met de afmetingen van
 10 de eerste dithermatrix. Ook in dat geval wordt de grijswaardenstructuur in de ingangsgebieden gehandhaafd door voor elk ingangsgebied op de bovenbeschreven wijze een hulpmatrix te bepalen.

Het zal duidelijk zijn dat ook bij het vergroten van afbeeldingen op soortgelijke wijze gebruik kan worden gemaakt van hulpmatrices die
 15 ook dan worden gevonden door een aaneensluitende array van dithermatrices te leggen op de aaneensluitende array van uitgangsgebieden en telkens een hulpmatrix voor een bepaald uitgangsgebied te vormen uit die drempelwaarden van de array van dithermatrices die vallen binnen het betreffende gebied.

20 De vergroting/verkleining van de gemiddelde grijswaarde en het ditheren van de vergrote/verkleinde grijswaarde is daarmee voltooid. Resteert nog het vergroten/verkleinen van de hoogfrequente component en het ditheren daarvan respectievelijk in de blokken 5 en 7 van figuur 3.

25 De hoogfrequente component van het ingangsgebied kan door lineaire coördinatentransformatie worden afgebeeld op het uitgangsgebied. De coördinaten x_0 , y_0 van een ingangsgebied A_{ij} van $b \times b$ pixels worden door de volgende eenvoudige lineaire coördinatentransformatie afgebeeld op de coördinaten x_c , y_c van het uitgangsgebied B_{ij}
 30 van $a \times a$ pixels:

$$\begin{aligned} X_c &= \lceil a/b \times X_0 \rceil \\ Y_c &= \lceil a/b \times Y_0 \rceil \\ \lceil \dots \rceil &= \text{afronding} \end{aligned}$$

35 Opgemerkt wordt hierbij dat elk ingangs- respectievelijk uitgangsgebied A_{ij} resp. B_{ij} zijn eigen coördinatenstelsel bezit. Voor de boven gegeven formules is telkens de linker bovenhoek van elk gebiedje als coördinatenoorsprong gekozen.

40 Deze getransformeerde hoogfrequente pixels worden nu in het uit-

gangsgebied ingeschreven in plaats van de daar aanvankelijk als resultaat van de bewerking in vlak 6 van figuur 3 in geschreven pixels behorend tot het gemiddelde grijswaardepatroon. De hoogfrequente pixels hebben een bijzondere informatie-inhoud en derhalve een hogere prioriteit en worden allemaal in een een-op-een transformatie van het ingangsgebied overgebracht naar het uitgangsgebied zodat er van de informatie-inhoud van de oorspronkelijke afbeelding niet of nauwelijks iets verloren gaat.

Bij vergroten is het zinvol om, afhankelijk van de vergrotingsfactor, een hoogfrequente pixel uit een ingangsgebied af te beelden op een aantal pixels in het uitgangsgebied. Bij vergroting met een factor 2 wordt in overeenstemming daarmee bijvoorbeeld een hoogfrequente pixel uit het ingangsgebied afgebeeld op een groep van vier bij elkaar liggende hoogfrequente pixels in het corresponderende uitgangsgebied.

Bij voorkeur wordt, voordat een hoogfrequente pixel wordt getransformeerd naar een corresponderende pixel in het uitgangsgebied (of meerdere pixels in het geval van vergroten) een drempelwaarde ingevoerd om alleen die pixels in de hoogfrequente component mee te nemen die in een vooraf bepaalde mate van het gemiddelde grijspatroon afwijken. Gebleken is dat bij invoeren van een juist gekozen drempelverschil de signaal/ruis-verhouding van de bewerkte (vergrote of verkleinde) afbeelding ongeveer gelijk is aan die van de originele afbeelding. Indien bijvoorbeeld de gemiddelde grijswaarde ligt tussen de drempelwaarden 6 en 7, en derhalve het gekozen standaardpatroon in blok 4 van figuur 3 een 1 vertoont voor alle drempelwaarden ≤ 7 en een 0 voor alle drempelwaarden > 7 en er wordt een minimum drempelverschil van 2 bepaald, dan zal, indien de pixel behorend bij de drempelwaarde 8 niet gelijk is aan 1 maar gelijk is aan 0, deze hoogfrequente pixel toch niet worden meegenomen omdat het verschil tussen de grijswaarde van deze pixel en het gemiddelde grijswaardeniveau te klein is.

Nadat op geschikte wijze in overeenstemming met het voorgaande zowel de gemiddelde grijswaardecomponent als de hoogfrequente component weer in geditherde vorm ter beschikking staan aan de uitgangen van de blokken 6 en 7 in figuur 3 worden beide componenten in blok 8 gesuperponeerd doordat op die plaatsen waar een hoogfrequente pixel aanwezig is, deze pixel in de plaats treedt van de corresponderende pixel in de gemiddelde grijswaardecomponent. Als resultaat wordt aan de uitgang van het knooppunt 8 de vergrote of verkleinde afbeelding in geditherde vorm afgegeven.

C O N C L U S I E S .

1. Werkwijze voor het vergroten/verkleinen van een ditherbeeld, dat met behulp van een dithermatrix, bestaande uit een unieke combinatie van drempelwaarden, is verkregen uit een gerasterd grijswaarden-
5 beeld, gekenmerkt door de volgende stappen
 - a) het definiëren van aaneengesloten ingangsgebieden van $b \times b$ pixels in het ditherbeeld, welke ingangsgebieden bij een conversiefactor a/b afgebeeld moeten worden op uitgangsgebieden van $a \times a$ pixels,
 - b) het bepalen van dat standaardpatroon uit een reeks van standaard pa-
10 tronen, elk verkregen door het met een eerste dithermatrix ditheren van een egaal met een unieke grijswaarde gevuld gebied, dat de gemiddelde grijswaarde van het ditherpatroon in het ingangsgebied het dichtst benadert,
 - c) het bepalen van de pixels in het ingangsgebied die afwijken van het
15 bepaalde standaard patroon,
 - d) voor elk uitgangsgebied met behulp van een tweede dithermatrix genereren van een standaard patroon corresponderend met de voor het overeenkomstige ingangsgebied bepaalde grijswaarde,
 - e) voor elk van de afwijkende pixels in een ingangsgebied door lineaire
20 transformatie bepalen van de coördinaten van een overeenstemmend pixel in het uitgangsgebied en het aan deze pixel in het uitgangsgebied toekennen van dezelfde waarde als de betreffende afwijkende pixel in het ingangsgebied.
2. Werkwijze volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat het aantal
25 gtijswaarden van de in stap d) gebruikte tweede dithermatrix gelijk is aan het aantal grijswaarden van de eerste dithermatrix.
3. Werkwijze volgens conclusie 1 of 2, met het kenmerk, dat in stap c) aan elk van de afwijkende pixels een amplitudewaarde wordt toegekend gelijk aan het verschil tussen de bij de pixel behorende drempelwaarde uit de eerste dithermatrix en de gemiddelde grijswaarde, en
30 dat alleen die afwijkende pixels op het corresponderende uitgangsgebied worden afgebeeld waarvoor de amplitude groter is dan een vooraf bepaalde drempelwaarde.
4. Werkwijze volgens een der voorgaande conclusies, met het ken-
35 merk, dat de afmetingen van elk ingangsgebied gelijk zijn aan de afmetingen van de eerste dithermatrix of een geheel veelvoud daarvan.
5. Werkwijze volgens een der conclusies 1 tot en met 3, met het kenmerk, dat indien de afmetingen van de eerste dithermatrix niet gelijk zijn aan de afmetingen van de ingangsgebieden in stap b) telkens
40 gebruik wordt gemaakt van een voor elk ingangsgebied afzonderlijk te

8501845

bepalen hulpmatrix die wordt gevonden door een aaneensluitende array van eerste dithermatrices te leggen op de aaneensluitende array van ingangengebieden waarbij de binnen elk gebied vallende drempelwaarden van de dithermatrices tezamen de hulpmatrix voor dat gebied vormen.

5 6. Werkwijze volgens een der voorgaande conclusies, met het ken-
merk, dat voor het genereren van de standaardpatronen behorend bij de
 verschillende grijswaarden van het uitgangengebied in stap d) telkens
 gebruik wordt gemaakt van een voor elk gebied afzonderlijk te bepalen
 hulpmatrix die wordt gevonden door een aaneensluitende array van tweede
 10 dithermatrices te leggen op de aaneensluitende array van uitgangsgieb-
 eden waarbij de binnen elk gebied vallende drempelwaarden van de dither-
 matrices tezamen de hulpmatrix voor dat gebied vormen.

7. Werkwijze volgens een der voorgaande conclusies, met het ken-
merk, dat bij vergroten in stap e) afhankelijk van de vergrotingsfactor
 15 een afwijkende pixel uit het ingangengebied wordt afgebeeld op een aan-
 taal pixels in het uitgangengebied.

8. Werkwijze volgens een der voorgaande conclusies, met het ken-
merk, dat zowel de ingangengebieden als de uitgangengebieden zodanig wor-
 den gedimensioneerd dat de dithermatrix althans bij benadering een ge-
 20 heel aantal malen past zowel op de ingangengebieden als op de uitgangs-
 gebieden.

9. Werkwijze volgens een der voorgaande conclusies, met het ken-
merk, dat voor het uitvoeren van stap b) de som wordt gevormd van het
 aantal posities waarin elk van de standaardpatronen verschilt van het
 25 pixelpatroon in het ingangengebied en vervolgens dat standaardpatroon,
 waarvoor deze som minimaal is, als gemiddeld grijswaardepatroon wordt
 geselecteerd.

10. Werkwijze volgens een der conclusies 1 tot en met 8, met het
kenmerk, dat voor het uitvoeren van stap b) allereerst een geschatte
 30 grijswaarde wordt bepaald door het tellen van het aantal pixels met de
 waarde 1 in het ingangengebied, en het standaardpatroon met hetzelfde
 aantal 1-waarden wordt geselecteerd als geschat grijswaardepatroon,
 waarna door iteratieve vergelijking van dit geschatte grijswaardepa-
 troon met de naburige standaardpatronen (die telkens een 1-waarde meer
 35 of minder hebben) dat patroon wordt bepaald waarvoor het aantal afwij-
 kende pixels minimaal is, welk patroon als gemiddeld grijswaardepatroon
 wordt geselecteerd.

11. Werkwijze volgens een der conclusies 1-8 met het kenmerk, dat
 voor het uitvoeren van stap b) de pixels van een ingangengebied worden
 40 gerangschikt in een reeks in oplopende volgorde van de bijbehorende

8501845

drempelwaarden, dat aan elk van de elementen van deze eerste reeks een waarde wordt toegevoegd gelijk aan de waarde die aan het voorafgaande element uit de reeks werd toegevoegd vermeerderd met 1 indien het dan bereikte element uit de reeks een 1 is of verminderd met 1 indien het dan bereikte element een 0 is, met dien verstande dat aan het eerste element van de reeks een vaste voorafbepaalde waarde wordt toegevoegd, welke toegevoegde waarden een nieuwe reeks vormen die een minimum heeft bij de waarde die correspondeert met de gemiddelde grijswaardedrempel.

12. Werkwijze volgens conclusie 11, met het kenmerk, dat de vooraf bepaalde vaste waarde tenminste gelijk is aan het aantal elementen van de eerste reeks.

13) Werkwijze volgens een der conclusies 1-8 met het kenmerk, dat voor het uitvoeren van stap b) de pixels van een ingangsgebied worden gerangschikt in een reeks in oplopende volgorde van de bijbehorende drempelwaarden, dat aan elk van de elementen van deze eerste reeks een eerste waarde wordt toegevoegd gelijk aan het aantal nullen dat bij het doorlopen van de reeks in oplopende drempelwaardevolgorde bij het bereiken van het betreffende element is gesignaleerd en een tweede waarde wordt toegevoegd gelijk aan het aantal enen dat bij het doorlopen van de reeks in tegengestelde richting bij het bereiken van het betreffende element is gesignaleerd, waarna een nieuwe reeks wordt gevormd bestaande uit de sommen van beide toegevoegde waarden, welke tweede reeks een minimum heeft bij de som die correspondeert met de gemiddelde grijswaardedrempel.

+++++

fig -1

1	7	21	31	32	22	8	2
5	11	25	28	27	26	12	6
13	17	20	16	15	19	18	14
29	24	10	4	3	9	23	30
32	22	8	2	1	7	21	31
27	26	12	6	5	11	25	28
15	19	18	14	13	17	20	16
3	9	23	30	29	24	10	4

fig -2

1	7	21	31	32	22	8	2	1	7	21	31	32	22	8	2	1	7	21	31	32	22	8	2
5	11	25	28	27	26	12	6	5	11	25	28	27	26	12	6	5	11	25	28	27	26	12	6
13	17	20	16	15	19	18	14	13	17	20	16	15	19	18	14	13	17	20	16	15	19	18	14
29	24	10	4	3	9	23	30	29	24	10	4	3	9	23	30	29	24	10	4	3	9	23	30
32	22	8	2	1	7	21	31	32	22	8	2	1	7	21	31	32	22	8	2	1	7	21	31
27	26	12	6	5	11	25	28	27	26	12	6	5	11	25	28	27	26	12	6	5	11	25	28
15	19	18	14	13	17	20	16	15	19	18	14	13	17	20	16	15	19	18	14	13	17	20	16
3	9	23	30	29	24	10	4	3	9	23	30	29	24	10	4	3	9	23	30	29	24	10	4

fig-3

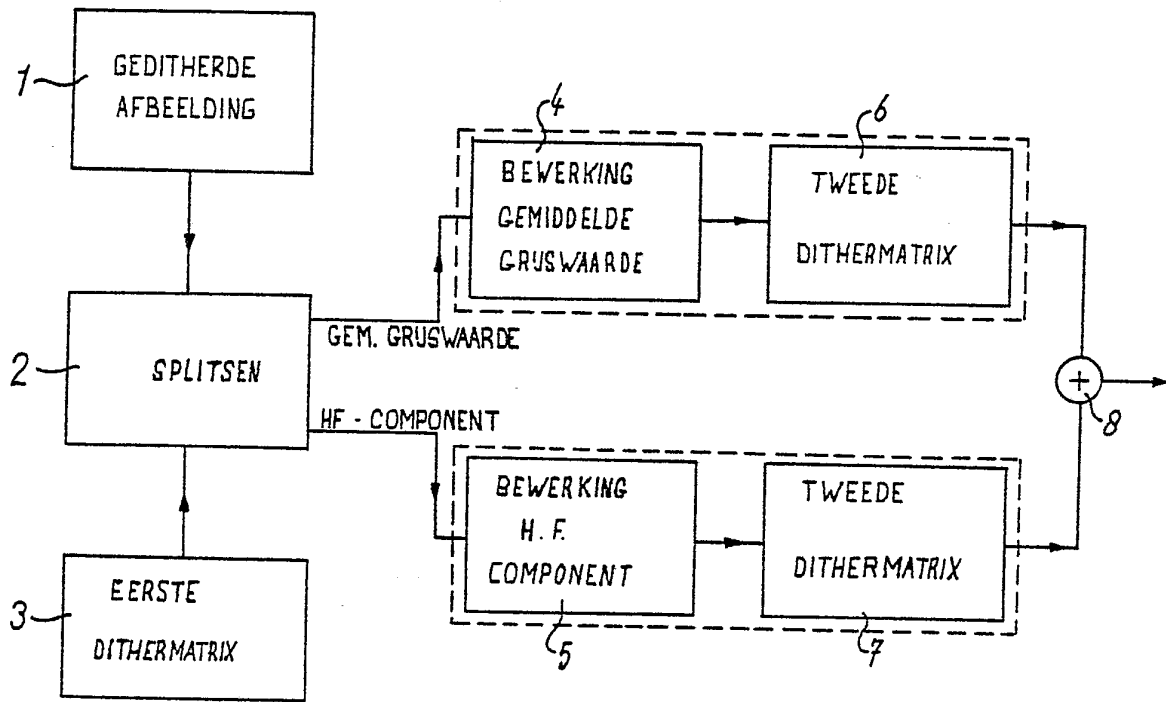


fig-4

a

1	1	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	0	1	1	1	0	0
0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	1

b

1	1	1	0	0	1	1	1
1	1	0	0	0	0	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	0
0	0	1	1	1	1	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	0	0	0	1	1

fig - 5

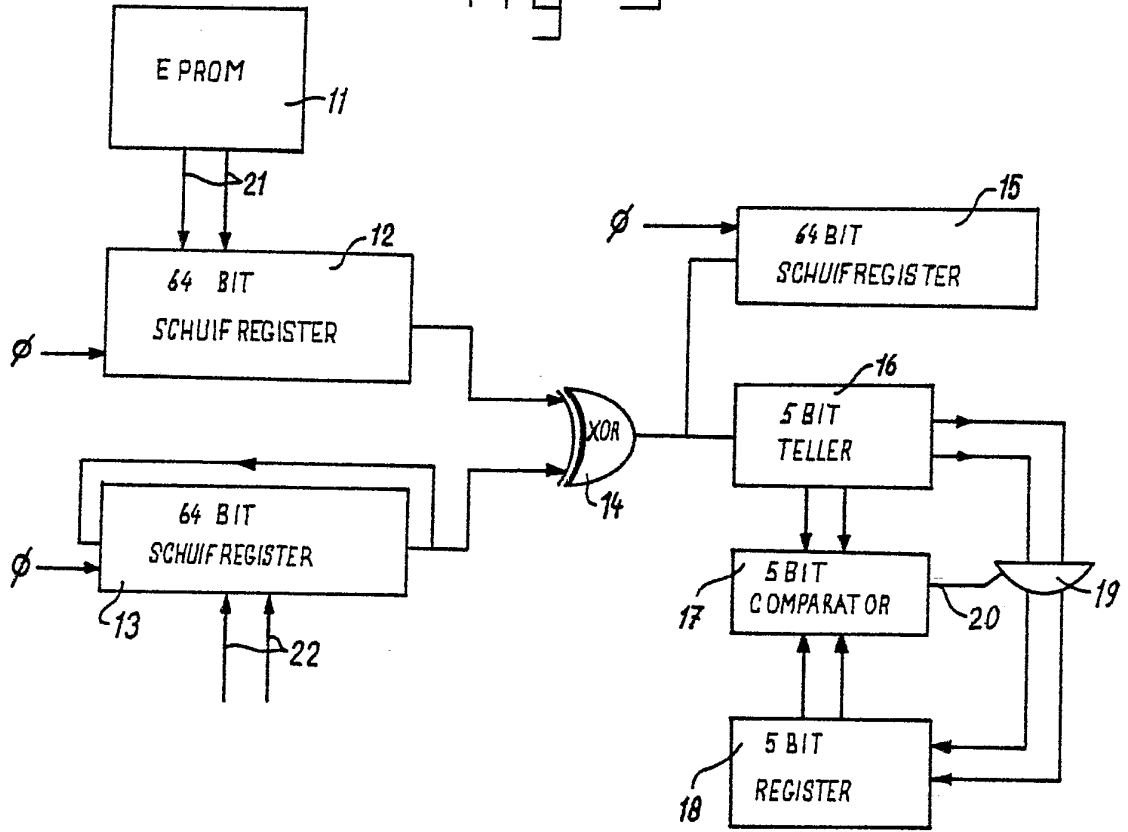


fig - 6

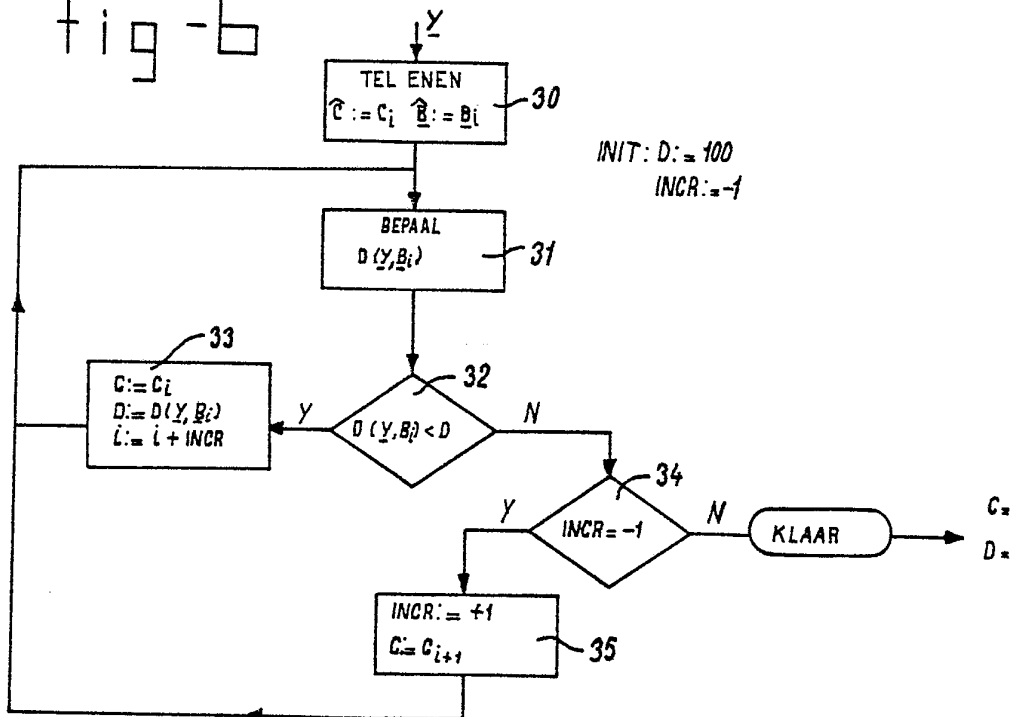


fig-7

a	b	c
1 4 12 7	1 1 0 0	1 1 0 0
8 14 2 13	0 0 1 0	0 0 0 0
11 5 16 9	0 1 0 0	1 1 0 0
3 10 15 6	1 0 0 0	1 0 0 0

fig-8

		A ₁₁		A ₁₂		A ₁₃		A ₁₄		A ₁₅											
		B ₁₁		B ₁₂		B ₁₃		B ₁₄		B ₁₅											
A ₁₁	B ₁₁	1	4	12	7	1	4	12	7	1	4	12	7	1	4	12	7	1	4	12	7
		8	14	2	13	8	14	2	13	8	14	2	13	8	14	2	13	8	14	2	13
		11	5	16	9	11	5	16	9	11	5	16	9	11	5	16	9	11	5	16	9
		3	10	15	6	3	10	15	6	3	10	15	6	3	10	15	6	3	10	15	6
A ₂₁	B ₂₁	1	4	12	7	1	4	12	7	1	4	12	7	1	4	12	7	1	4	12	7
		8	14	2	13	8	14	2	13	8	14	2	13	8	14	2	13	8	14	2	13
		11	5	16	9	11	5	16	9	11	5	16	9	11	5	16	9	11	5	16	9
		3	10	15	6	3	10	15	6	3	10	15	6	3	10	15	6	3	10	15	6