



FI000091029B

**(B) (11) KUULUTUSJULKAISU  
UTLAGGNINGSSKRIFT**

91029

G (45) Patentti- ja rekisterihallitus  
Patentti- ja rekisterihallitus  
Patentti- ja rekisterihallitus

(51) Kv.1k.5 - Int.cl.5

H 04N 7/01

**SUOMI-FINLAND****(FI)****Patentti- ja rekisterihallitus  
Patent- och registerstyrelsen**

|                                                                                             |          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| (21) Patenttihakemus - Patentansökning                                                      | 921676   |
| (22) Hakemispäivä - Ansökningsdag                                                           | 14.04.92 |
| (24) Alkuperäinen - Löpdrag                                                                 | 14.04.92 |
| (41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig                                                   | 15.10.93 |
| (44) Nähtäväksipanon ja kuul.julkaisun pvm. -<br>Ansökan utlagd och utl.skriften publicerad | 14.01.94 |

(71) Hakija - Sökande

1. Salon Televisiotehdas Oy, Salorankatu 5-7, 24100 Salo, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1. Salonen, Jouni, Insinöörinkatu 60 C 193, 33720 Tampere, (FI)

(74) Asiamies - Ombud: Berggren Oy Ab

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

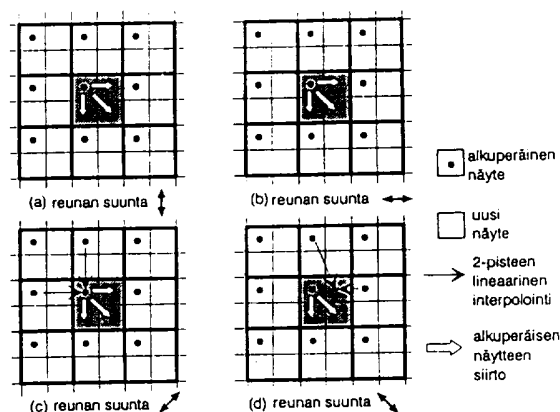
**Menetelmä ja kytkentäjärjestely kuvaruudulla näytettävän kuvan pysty- ja vaakaresoluution kaksinkertaistamiseksi**  
**Förfarande och kopplingsarrangemang för att dubbla horisontal- och vertikalupplösning av en bild som visas på bildskärmen**

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

FI B 81232 (H 04N 7/01), EP A 395275 (H 04N 7/01), EP A 391094 (H 04N 7/01),  
EP A 288772 (H 04N 7/12), EP A 396229 (H 04N 5/44), US A 5067016 (H 04N 7/01)

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Progressiivisen katodisädeputkella näytettävän kuvan resoluutiota voidaan parantaa kaksinkertaistamalla näytetiheys vaaka- ja pystysuunnassa. Se tapahtuu keksinnön mukaan siten, että 3\*3-ikkunassa tutkitaan sopivasti valittuja operaattoreita käyttäen ikkunan keskimmäisen näytteen reunan suunta, joka voi olla vaakasuunta, pystysuunta, 45°-suunta, 135°-suunta tai ei ole selvää suuntaa. Kun reunatiedot on laskettu, suoritetaan samoin 3\*3-ikkunassa konsistenssitarkastus ja reunatietoa korjataan, jos on tarpeen. Tämän jälkeen interpoloidaan reunatiedon osoittamassa suunnassa ikkunan keskimmäisen näytteen viereen kolme uutta näytettä, joista kaksi sijaitsee uudella muodostetulla juovalla.



Resolutionen av en progressiv bild som visas med ett katodstrålrör kan förbättras genom att dubblera sampeltätheten vertikalt och horisontalt. Enligt upptäckningen sker detta genom att riktningen av kanten av det mittersta samplet i ett fönster analyseras med hjälp av lämpligt valda operatorer i 3\*3-fönstret, vilken riktning kan vara horisontal, vertikal, 45°-riktning, 135°-riktning eller ingen klar riktning. Då kantinformationen kalkylerats, utförs en konsistenskontroll även i 3\*3-fönstret, och kantinformationen korrigeras vid behov. Därefter interpoleras tre nya sampel i den riktning som detekteras av kantinformationen bredvid det mittersta samplet i fönstret, av vilka två sampel ligger på den nya linjen som skall bildas.

Menetelmä ja kytkentäjärjestely kuvaruudulla näytettävän kuvan pysty- ja vaakaresoluution kaksinkertaistamiseksi -  
Förfarande och kopplingsarrangemang för att dubbla ho-  
risontal- och vertikalupplösning av en bild som visas på  
5 bildskärmen

Tämä keksintö koskee menetelmää ja kytkentää, jolla progres-  
siivisen kuvan kuvaelementtien määrä nelinkertaistetaan  
käyttäen reunatietoa uusien kuvaelementtien interpoloimises-  
10 sa.

Lääketieteessä käytetään reaaliaikaisia kuvauksia, joilla  
tässä tarkoitetaan esim. röntgen- tai ultraäänikuvauksia,  
joissa tutkittavan kohteen kuva näytetään monitorilla. Sa-  
15 moin animaatiokuvia tehtäessä käytetään apuna monitoreia.  
Yhteistä näille samoin kuin eräille muillekin sovelluksille  
on se, että monitorilla näytettävä kuva on progressiivisesti  
pyyhkäisty, ts. kuva pyyhkäistään kerralla ja että kuva on  
luonteeltaan stationäärinen eli liike on vähäistä. Ongelma  
20 näissä sovelluksissa, etenkin ultraäänilaitteiston monito-  
rissa on alhaisesta resoluutiosta johtuva heikohko kuvan  
laatu, joka osaltaan vaikeuttaa kuvan perusteella tehtäviä  
päätelmiä. Ilmeinen ratkaisu onkin nostaa kuvaelementtien  
lukumäärää interpoloimalla tavalla tai toisella uusia ele-  
25 menttejä alkuperäisten väliin. Tekemällä tämä sekä pys-  
tysuunnassa että vaakasuunnassa saadaan kuva, jossa on ne-  
linkertainen määrä elementtejä. Kuvaelementtien kaksinker-  
taistaminen voidaan tehdä kahdessa vaiheessa eli kasvatta-  
malla näytetiheyttä erikseen sekä pysty- että vaakasuunnas-  
30 sa.

Suomalaisessa patenttihakemuksessa FI-37425, Salora Oy, on  
esitetty eräs menetelmä kuvaelementtien lukumäärän kasvatta-  
miseksi molemmissa suunnissa. Menetelmässä lähtökuvan ele-  
35 mentit muodostavat ortogonaalisen näytekuvion. Tämä kuvio  
muutetaan ensin quincunx-näytekuvioksi interpoloimalla en-  
simmäisessä interpolaattorissa ensimmäiset uudet kuvaelemen-  
tit alkuperäisten juovien väliin, jolloin uudet elementit

muodostavat uusia vaillinaisia juovia. Näin saatu quincunx-näytekuvio muunnetaan sitten ortogonaaliseksi näytekuvioksi interpoloimalla toisessa interpolaattorissa taas uudet kuvaelementit sekä alkuperäisten juovien että uusien juovien kuvaelementtien väliin, jolloin elementtien tiheys sekä pysyy- että vaakasuunnassa on kaksinkertaistunut. Tämä menetelmä sopii käytettäväksi sekä kentän sisällä että kuvan sisällä. Jälkimmäisessä tapauksessa kuva on muutettava progressiiviseksi lomittelemattomaksi kuvaksi jollain tunnetulla tavalla. Tässä menetelmässä samoin kuin suuressa osassa tunnettuja menetelmiä ei käytetä erillistä reunan tunnistusta ja sen tuloksen mukaan valittavaa interpolaattoria, vaan reuna yritetään ottaa huomioon vertailemalla näyte-ehdokasta naapureihin ja käyttämällä rajoituksia näytearvolle. Reunan tunnistuksen poisjättäminen yksinkertaistaa menetelmiä, koska voidaan käyttää kiinteitä algoritmeja.

Reunan tunnistus on kuitenkin ensiarvoisen tärkeää kohteen tunnistamisessa. Ensinnäkin ihmissilmä katsoessaan tuntematonta kohdetta tarkastelee ensin sen ääriviivoja. Toiseksi ääriviivojen hahmottamisen jälkeen suoritetaan muotoanalyysi ja tunnistus. Kolmanneksi monet kuvat, jollaisia ovat esim. ultraäänilaitteiden monitorien kuvat, eivät sisällä selviä konkreettisia kohteita ja näiden kuvien käsittäminen riippuu niiden rakenneominaisuuksista, joka on läheisessä yhteydessä reunan tunnistukseen. Niinpä voidaan sanoa, että reunan tunnistus on mahdollisesti kuva-analyysin tärkein osa. Katsoessamme kohdetta katsomme siinä olevia reunoja ja kulmia ja niiden sahalaitaisuutta ja terävyyttä. Tämän vuoksi on tärkeätä tunnistaa paikallinen kuvasisältö ja interpoloida sen mukaan. Sahalaitaisuus, viivan katkeaminen ja reuna-alueiden epäterävyys ja kuvan yksityiskohtien hämärtyminen, mikä on tyypillistä kiinteää algoritmia käyttäville tunnetuille menetelmille, riippuu suuresti reuna-alueen suunnasta.

Erään reuna-adaptiivisen menetelmän on esittänyt T. Doyle et al.. Siinä käytetään suuntariippuvaa mediaanisuodatinta DDMF (Direction Dependent Median Filter). Reunan määrittäminen perus-

tuu korrelaatiomittauksiin, joissa lasketaan toiminta-ikkunassa kulloinkin kahden näytteen absoluuttinen ero. Ulottuvuutta, joksi määritellään suurimman ja pienimmän absoluuttisen eron arvo, käytetään korrelaation mittana. Jos  
5 ulottuvuus on pieni, ovat eri suuntien vasteet lähellä toisiaan, mikä tarkoittaa ei selvästi tunnistettavaa reunaa. Jos ulottuvuus on suuri, on oletettavaa, että korrelaatio on voimakas reunan suunnassa ja heikko muissa suunnissa ja absoluuttisista eroista voidaan päätellä reunan suunta. Mene-  
10 telmän suurin heikkous on se, ettei se kykene tunnistamaan yhden pikselin levyistä viivaa tasaisella taustalla.

Eräs kehittynyt reunan tunnistusmenetelmä on esitetty suomalaisessa patenttihakemuksessa FI-916195. Siinä käytetään  
15 6\*3-reunantunnistusikkunaa, jota käyttäen lasketaan interpoloitavan pisteen naapurustossa reunaestimaatit. Reunan tunnistus perustuu ikkunassa laskettavien absoluuttisten ero-signaalien summaamiseen ja niiden vastesignaalien keskinäiseen suuruusjärjestykseen. Reunat voidaan tunnistaa yhdeksässä suunnassa, jotka ovat 26, 34, 45, 64, 90, 116, 135,  
20 146 ja 154 astetta. Reunantunnistuksessa käytetään hyväksi sitä tietoa, että jos ikkunan sisällä on reuna, niin kahden pikselin erotus on hyvin pieni reunan suunnassa ja vastavasti suuri reunan yli. Toisin sanoen minimivaste saadaan  
25 suurella todennäköisyydellä reunan suunnasta. Vaikka interpoloinnissa käytetään vain interpoloitavan pisteen ylä- ja alapuolella olevaa juovaa, käytetään interpoloimissuunnan määrittämisessä pikseleitä, jotka sijaitsevat kahdella edeltävällä ja kahdella seuraavalla juovalla, joten reunatiedon  
30 valinnassa käytetään suurta määrää, yhteensä 40 kappaletta pikseleitä. Tämä aikaansaa todennäköisyyden oikeasta reunatiedosta hyvin suureksi. Kuvattu menetelmä on erityisesti tarkoitettu käytettäväksi lomitellussa kuvassa ja interpolointi on kolmiulotteista, koska käytetään myös kentän sisäänsyöttöä. Tämä menetelmä on kuitenkin tarpeettoman raskas  
35 progressiivisen kuvan näytetaajuuden kasvattamiseen.

Tämä keksinnön tavoitteena on saada aikaan menetelmä orto-  
gonaalisen kuvan näytetaajuuden nelinkertaistamiseksi, jolla  
aikaansaadun kuvan reuna-alueet eivät huonone ja joka on  
mahdollisimman yksinkertainen toteuttaa. Menetelmässä siis  
5 tutkitaan, mikä on reunan suunta ja valitaan reunatiedon  
mukaan käytettävä interpolaattori. Oikean interpoloimissuun-  
nan selvittämiseksi täytyy siten saada luotettava reunatieto  
interpoloitavan pikselin ympäristöstä.

10 Menetelmälle on tunnusomaista se, mitä on sanottu patentti-  
vaatimuksessa 1 ja kytkentäjärjestelylle se, mitä on sanottu  
patenttivaatimuksessa 12.

Menetelmässä käytetään 3\*3-ikkunassa toimivaa operaattoria  
15 ja operaattoreita on neljä: pystysuora (vertical), vaa-  
kasuora (horizontal), positiivinen diagonaali (positive dia-  
gonal) ja negatiivinen diagonaali (negative diagonal). Kun  
ikkunan elementtejä merkitään merkinnällä  $f_1, f_2, f_3 \dots f_9$ ,  
jossa  $f_1$  sijaitsee ikkunan vasemmassa yläreunassa ja  $f_9$  ikku-  
20 nan oikeassa alareunassa ja muut merkinnät kulkevat riveit-  
tään ikkunassa, voidaan operaattoreita merkitä:

horizontal =  $\max(|f_5 - f_2|, |f_5 - f_8|) - \max\_min(f_4, f_5, f_6)$

vertical =  $\max(|f_5 - f_4|, |f_5 - f_6|) - \max\_min(f_2, f_5, f_8)$

25 positive diagonal =  $\max(|f_5 - f_1|, |f_5 - f_9|) - \max\_min(f_3, f_5, f_7)$

negative diagonal =  $\max(|f_5 - f_3|, |f_5 - f_7|) - \max\_min(f_1, f_5, f_9)$

Kunkin operaattorin vasteet lasketaan aina yhtä kuvaelement-  
tiä kohden ja kun ne on laskettu, liu'utetaan ikkunaa  
30 eteenpäin ja lasketaan vasteet seuraavan kuvaelementin koh-  
dalla. Jokaisen elementin kohdalla lasketaan siis neljä vas-  
tetta. Näistä neljästä vasteesta haetaan kulloinkin maksimi-  
vaste, joka mahdollisesti kynnystetään. Jos maksimivasteen  
arvo on suurempi kuin valittu kynnysarvo, esim. 20-50, on  
35 ikkunan sisällä reuna maksimivasteen suunnassa. Jos maksimi-  
vasteen arvo on alempi kuin kynnysarvo, ei ikkunan sisällä  
ole reunaa. Reunatiedoksi voidaan edullisesti valita myös  
suoraan maksimivasteen suunta, jolloin kynnysarvo on 0. Näin

jatketaan ja saadaan 3\*3-ikkuna, jonka jokaisen elementin kohdalla on laskettu reunatieto. Ikkunan keskimmäisen elementin kohdalle on interpoloitava kolme uutta kuvaelementtiä siinä olevan alkuperäisen kuvaelementin viereen. Käytännössä  
5 ikkunaa ei luonnollisestikaan liu'uteta vaan siihen johdetaan kolme peräkkäistä juovaa, jolloin ikkuna pysyy paikallaan mutta näytteet siinä liukuvat. Vasteiden laskennan ja ikkunan pikseleiden reunatietojen määrittämisen jälkeen tehdään konsistenssitarkastus, jonka mukaan määräytyy interpolointitapa.  
10

Konsistenssitarkastus voidaan tehdä usealla eri tavalla. Edullisen suoritusmuodon mukaan tutkitaan, missä suunnassa on eniten reunatietoja ja interpoloidaan tämän suunnan mukaan.  
15 Tätä voidaan muuntaa siten, että lasketaan reunatietojen kokonaislukumäärä ja asetetaan ehdoksi, että reunatietoja on oltava enemmän kuin määrätty lukumäärä esim. 4 kappaletta. Jos reunatietoja on vähemmän, oletetaan kuva tasaiseksi ja voidaan käyttää pikselin kopioimista. Kohinan ym.  
20 vaikutusta voidaan vähentää lisäehdolla, että jos keskimmäisen pikseli ei ole reunapikseli ja ympärillä olevat ovat, asetetaan myös keskimmäinen pikseli reunapikseliksi. Vastavasti, jos keskimmäinen on reunapikseli ja ympärillä olevat pikselit eivät ole, poistetaan keskimmäinen reunapikseli.  
25 Tämä vähentää kohinan vaikutusta. Kun lopullinen reunatieto on saatu, interpoloidaan saadun tiedon mukaan.

Eräs mahdollinen tapa interpoloida on luoda uudet arvot jokaiselle uudelle kuvapisteelle käyttäen naapurinäytteiden keskiarvoja ja mukaan otettavat tunnetut näytteet määräytyvät reunatiedon mukaan. Tämä tapa edellyttää kuitenkin tarkempaa reunatiedon tarkistamista kuin edellä on esitetty. Reunatiedon oikeellisuus on tarkastettava jokaisessa suunnassa ja sidottava ympäristön reunatietoon. Yksittäisen pikselin reunatieto ei saa merkittävästi erota ympäristön reunatiedosta.  
30  
35

Keksintöä selostetaan havainnollisemmin viitaten oheisiin kuvioihin, joissa:

kuva 1 esittää reunan 3\*3-tunnistusikkunaa ja mahdollisia reunan suuntia,

5 kuva 2 esittää, miten ikkunaa liikutetaan yhden pikselin reunatiedon määrittämiseksi

kuva 3 esittää tunnistusikkunaa, jossa on merkitty tunnetut näytteet,

10 kuva 4 kuvaa interpolointiin käytettäviä pikseleitä ja interpoloimistapaa eri reunatiedoilla, '

kuva 5 kuvaa vaihtoehtoista interpoloimistapaa eri reunatiedoilla.

15 Kuvassa 1 on esitetty suunnat, joissa oleva reuna voidaan käytetyllä 3\*3-maskilla havaita. Kuviossa a on reuna vertikaalisuunnassa, kuviossa b reuna on vaakasuunnassa, kuviossa c reuna määritellään positiivisesti diagonaaliseksi ja kuviossa c negatiivisesti diagonaaliseksi.

20 Kuviossa 2 kuvataan, miten 3\*3-ikkunaa liikutetaan reunatiedon laskemiseksi. Ympyröillä on merkitty progressiivisen kuvan tunnettuja pikseleitä ja neliöillä, joiden sisällä on kysymysmerkki (?), on kuvattu pikseleitä, jotka on interpoloitava näytetiheyden kaksinkertaistamiseksi. Tässä kuvassa  
25 tarkastellaan tapausta, jossa on interpoloitava juuri kyseiset pikselit, luonnollisesti jokaiseen ruutuun on interpoloitava kolme lisäpikseliä. Jotta ruutuun 2 voidaan interpoloida uudet pikselit käyttäen tämän ruudun tunnettua pikseliä ja välittömiä tunnettuja naapuripikseleitä, on saatava  
30 selville jokaisen pikselin reunatieto, ts. reunatieto 3\*3-ikkunan B jokaisesta tunnetusta ympyrällä merkitystä pikselistä. Reunatiedon laskennassa käytetään 3\*3-ikkunaa A, jota liu'utetaan kuvassa vasemmalta oikealle ja alaspäin eli käytännössä ikkunan sisääntulona on kolmen peräkkäisen juovan  
35 näytteet. Kun on laskettava ruudun 1 pikselin reunatieto, jota on merkitty ympyrän sisällä olevalla E-kirjaimella, on ikkuna A kuvan osoittamassa asemassa. Kun on laskettava ruudun 2 pikselin reunatieto, liu'utetaan ikkunaa A pikselin

verran oikealle. Tällä tavalla lasketaan kaikki ikkunan B pikseleiden reunatiedot.

Oletetaan nyt, että ikkuna A on kuvan 2 osoittamassa asemassa. Ikkunan sisällä on yhdeksän tunnettua pikseliä, joita voidaan merkitä kuvan 3 vastaavan ikkunan mukaisesti kirjaimilla  $f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6, f_7, f_8$  ja  $f_9$ . Pikselin  $f_5$ , jota kuvassa 2 vastaa ruudun 1 ympyrä, reunatieto E on selvitettävä. Reunan tunnistus tehdään neljällä sanotussa  $3 \times 3$ -ikkunassa toimivalla operaattorilla, jotka suorittavat seuraavat toiminnot:

horizontal             $= \max(|f_5 - f_2|, |f_5 - f_8|) - \max\_min(f_4, f_5, f_6)$   
 vertical                $= \max(|f_5 - f_4|, |f_5 - f_6|) - \max\_min(f_2, f_5, f_8)$   
 positive diagonal  $= \max(|f_5 - f_1|, |f_5 - f_9|) - \max\_min(f_3, f_5, f_7)$   
 negative diagonal  $= \max(|f_5 - f_3|, |f_5 - f_7|) - \max\_min(f_1, f_5, f_9)$

Operaattoreiden operaation tuloksena saadaan vasteet neljässä suunnassa, jotka on esitetty kuvassa 1. Operaattoreita on siis neljä: pystysuora, vaakasuora, positiivinen diagonaali ( $45^\circ$ ) ja negatiivinen diagonaali ( $135^\circ$ ). Kunkin operaattorin vasteet lasketaan siis absoluuttisten erotusten ja ja funktioiden  $\max()$  ja  $\max\_min()$  avulla.  $\max()$  antaa suurimman arvon kahdesta sisäänmenosta (erotusten itseisarvosta) ja  $\max\_min()$  antaa erotuksen suurimman ja pienimmän sisäänmenoarvon välillä. Näiden avulla laskettu operaattorin vaste kussakin suunnassa on siten  $\max()$ :n ja  $\max\_min()$ :n erotus. Periaatteena on se, että operaattorin ensimmäinen termi tutkii, mikä on muutos mentäessä tutkintasuunnan yli ja mikä on muutos tutkintasuunnassa. Jos ensimmäinen termi on suuri ja jälkimmäinen pieni, on todennäköisyys suuri siitä, että reuna on ko. suunnassa.

Kun yhden pikselin, esimerkiksi pikselin 1, kohdalla kuvassa 2 on vasteet laskettu edellä esitetyllä tavalla, on saadusta neljästä vastearvosta valittava yksi lopulliseksi suuntaarvoksi. Eräs mahdollisuus on valita suurin vastearvo ja kynnystä se sopivasti valittuun kynnysarvoon. Jos vastearvo ylittää kynnysarvon eli ulostulo kynnystäjästä on looginen

1, tulee päätökseksi, että ikkunan sisällä tämän pikselin kohdalla on reuna suurimman vastearvon osoittamassa suunnassa. Jos ulostulo on looginen 0, tulee päätökseksi, että ikkunan sisällä ei tällä kohdalla ole reunaa eli kuva on tasainen. Sopiva kynnysarvo voisi olla välillä 20-50 ja se haetaan kokeellisesti kuvasekvensseillä. Toinen, parempi tapa, jota käytetään jäljempänä selostuksessa, on se, että yksikertaisesti valitaan suurin vastearvo ja tehdään päätös, että reuna on sen suunnassa. Tämä tarkoittaa itse asiassa sitä, että kynnysarvo on 0. Olkoon suurin vastearvo suunnassa positive diagonal (45°) ja tämä reunan suuntatieto pannaan muistiin. On mahdollista, ettei selvää reunaa ole lainkaan, jolloin muistiin tallennetaan tieto "ei reunaa". Reunan suuntaa pikselin 1 kohdalla kuvassa 2 on merkitty nuolella 4.

Edellä esitetyllä tavalla lasketaan ikkunaa A siirtämällä jokaisen ikkunan B tunnetun pikselin reunatieto eli saadaan selville reunan suunta jokaisen pikselin kohdalla. Kun tämä on tehty, suoritetaan konsistenssitarkastus. Tarkastuksessa, joka on käytännössä alipäästösuodatus, valitaan interpoloimissuunta, jonka mukaan interpoloidaan ikkunan keskimmäisen pikselin viereen uudet pikselit, joita 3\*3-ikkunassa B on ruudussa 2 merkitty kysymysmerkillä. Konsistenssitarkastus voidaan suorittaa esimerkiksi seuraavalla tavalla:

-lasketaan 3\*3-alueessa B reunatietojen kokonaislukumäärä N eli lasketaan, montako suuntatietoa on eri suunnissa ja summataan luvut ts.

$$N = \sum_{\text{vertikaalisuunta}} + \sum_{\text{horisont. suunta}} + \sum_{\text{positive diagonal}} + \sum_{\text{negative diagonal}}$$

Luvun N suurin arvo on tietysti 9, koska ikkunassa on 9 pikseliä, joille reunatieto on laskettu. Jos luku N on pienempi kuin 4, pidetään ikkunan kuva-alaa tasaisena, joten voidaan käyttää yksinkertaisesti pikselin kopioimista, eli kysymysmerkillä (?) merkityiksi näytteiksi siirretään ikkunan keskimmäinen pikseli. Jos luku on yhtä suuri tai suurempi lasketaan, missä ryhmistä  $\sum_{\text{vertikaalisuunta}}$ ,  $\sum_{\text{horisont. suunta}}$ ,  $\sum_{\text{positive diagonal}}$ ,  $\sum_{\text{negative diagonal}}$ , on eniten reuna-

tietoja, ja interpoloidaan sen suunnassa. Esimerkiksi jos ryhmä  $\Sigma$  positive diagonal on suurin, interpoloidaan suunnassa  $45^\circ$ .

- 5 Interpoloimissuunnan valinta voidaan tehdä myös muulla tavalla kuin edellä esitetyllä.

Kun interpoloimissuunta on reunatietojen avulla valittu, suoritetaan uusien pikseleiden interpolointi. Tämä tapahtuu  
10 edullisessa suoritusmuodossa kuvan 4 mukaisesti. Kuviot 4a, b, c ja d esittävät, miten uusien pikselien interpolointi tapahtuu reunatietojen perusteella lasketussa suunnassa. Ohuet nuolet kuvaavat 2-pisteen lineaarista interpolointia ja paksut nuolet alkuperäisen näytteen siirtoa. Neliö, jonka  
15 sisällä on musta piste, esittää alkuperäistä näytettä ja pisteetön neliö interpoloitavaa näytettä. Jos konsistenssitar-  
kastuksessa on reunan suunnaksi tullut vertikaalinen tai horisontaalinen suunta, muodostetaan uudet näytteet yksin-  
kertaisesti siirtämällä niiksi alkuperäisen näytteen arvo,  
20 kuten kuviot a ja b osoittavat. Jos reunan suunnaksi on tullut positiivinen diagonaali ( $45^\circ$ ), muodostetaan kuvion c uudet näytteet siirtämällä niiksi alkuperäisen näytteen arvo mutta alkuperäinen näyte korvataan sen yläpuolella ja vasem-  
malla puolella olevan alkuperäisen näytteen keskiarvolla (2-  
25 pisteen lineaarinen interpolointi). Jos reunan suunnaksi on tullut negatiivinen diagonaali ( $135^\circ$ ), muodostetaan kuvion d ne uudet näytteet, jotka muodostavat uuden juovan näytteet, siirtämällä niiksi alkuperäisen näytteen arvo ja alkuperäi-  
sen näytteen viereen tuleva näyte muodostetaan alkuperäisen  
30 näytteen yläpuolella ja oikealla puolella olevan alkuperäi-  
sen näytteen keskiarvolla (2-pisteen lineaarinen interpo-  
lointi).

Edellä esitetyllä tavalla voidaan 3\*3-ikkunaa siirtämällä,  
35 reunatiedot laskemalla ja konsistenssitarkastus tekemällä interpoloida uusia näytteitä niin, että alkuperäisen progressiivisen kuvan näytetiheys on kaksinkertaistunut. Esite-  
tyllä interpolointitavalla ei kuva hämärry eikä porrasmai-

suusvirheitä synny. Haluttaessa voidaan interpoloinnin yhteyteen liittää reunankorostus eli tehdä tummat reunat tummemmiksi ja kirkkaat reunat kirkkaammiksi.

- 5 Toinen suoritusmuoto interpoloimiseksi on esitetty kuvassa 5. Tässä tavassa luodaan uudet näytearvot jokaiselle näytteelle, joten näytteen siirtoa ei käytetä kuten kuvan 4 suoritusmuodossa. Lisäksi alkuperäinen näyte säilyy. Kuvioissa 5a-5d merkitsevät nuolet sitä, että niiden lähtöpisteiden
- 10 tunnettujen näytteiden keskiarvo on uusi interpoloitu näyte nuolien kärkien kohdalle. Jos konsistenssitarkastus on antanut reunan suunnaksi "vertikaalinen", interpoloidaan kuvion 5a mukaisesti alkuperäisen näytteen oikealle puolelle samalle juovalle uusi näyte tunnettujen naapurinäytteiden keskiarvo-
- 15 na, suoraan alapuolelle uudelle juovalle interpoloidaan uusi näyte vertikaalisuunnan tunnettujen naapurinäytteiden keskiarvona ja vinosti alapuolelle uudelle juovalle muodostettava kolmas näyte saadaan alapuolisen juovan tunnettujen naapurinäytteiden keskiarvona.
- 20 Jos reunan suunta on horisontaalinen, muodostetaan kuvion 5b mukaisesti näytteet samoin kuin kuviossa 5a, paitsi että kolmas interpoloitu näyte saadaan seuraavan vertikaalilinjan tunnettujen naapurinäytteiden keskiarvona.
- 25 Jos reunan suunta on positiivinen diagonaali, muodostetaan kuvion 5c mukaan samalle juovalle viereen uusi näyte tämän juovan tunnettujen naapurinäytteiden keskiarvona. Suoraan alapuolelle uudelle juovalle muodostetaan näyte ylä- ja alapuolella olevien tunnettujen näytteiden keskiarvona ja vinosti alapuolelle uudelle juovalle muodostetaan uusi näyte
- 30 positiivisessa diagonaalisuunnassa olevien tunnettujen näytteiden keskiarvona. Lopuksi jos reunan suunta on negatiivinen diagonaali, muodostetaan uudet näytteet siten, että tun-
- 35 netun näytteen jälkeen muodostetaan uusi näyte sen tunnettujen saman juovan naapurinäytteiden keskiarvona, alapuolinen näyte uudelle juovalle muodostetaan sen ylä- ja alapuolella olevien tunnettujen näytteiden keskiarvona. Kolmas uusi

näyte muodostetaan alaviistoon uudelle juovalle negatiivisessa diagonaalisuunnassa olevien tunnettujen näytteiden keskiarvona. Kaksi viimeistä tapausta eroavat siten vain uuden juovan jälkimmäisen näytteen muodostuksen suhteen.

5

Kaikissa kuvioiden 5a-5d tapauksissa alkuperäiset näytteet säilyvät, joten tältä osin on mahdollista jäljitellä HDTV-standardin mukaista kuvaa, jossa quincunx-alinäytteistetty kuva palautetaan ortogonaaliseksi. Näiden kuvioiden mukainen interpolointi on hankalampi suorittaa kuin kuvan 4 mukainen ja se edellyttää tarkempaa reunatiedon tarkastamista kuin kuvan 4 tapauksessa. Reunatiedon oikeellisuus on tarkastettava joka suunnassa ja sidottava ympäristön reunatietoon. Yksittäisen pikselin reunatieto ei saa erota ympäristön reunatiedosta merkittävästi.

10

15

Patenttivaatimukset kohdistuvat myös kytkentäjärjestelyyn, jolla edellä esitetty menetelmä voidaan toteuttaa. Ammattimiehelle on selvää, että toteutus voidaan suorittaa suoja-

20

piirissä pysyen lukuisilla eri tavoilla digitaalisia signaaliprosessoreita, interpolaattoreita ja juovamuisteja käyttäen, joten kytkennän yksityiskohtaista kuvausta ei katsota tarpeelliseksi.

Patenttivaatimusten piirissä pysyen voidaan menetelmä toteuttaa lukuisilla eri tavoilla. Reunatietojen selvittämisen jälkeen voidaan konsistenssitarkastus tehdä muillakin tavoilla kuin esitetyllä ja interpolointiin mukaan otettavat tunnetut pikselit voidaan valita toisellakin tavalla. Saadun reunatiedon oikeellisuutta voidaan varmentaa jollakin ammattimiehen tuntemalla tavalla. Olennaista on kuitenkin se että vasteet lasketaan 3\*3-ikkunassa esitetyllä tavalla.

25

30

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä katodisädeputkella näytettävän orto-  
gonaalisesti näytteistetyyn progressiivisen kuvan näytetihey-  
den kaksinkertaistamiseksi pysty- ja vaakasuunnassa,

5 t u n n e t t u siitä, että

- kulloinkin kolme peräkkäistä juovaa johdetaan samanaikai-  
sesti 3\*3-näyteikkunaan, jolloin hetkellisesti ikkunan en-  
simmäisellä rivillä on ensimmäisen juovan kolme peräkkäistä  
näytettä  $f_1$ ,  $f_2$  ja  $f_3$ , toisella rivillä on seuraavan juovan  
10 kolme peräkkäistä näytettä  $f_4$ ,  $f_5$ ,  $f_6$  ja kolmannella rivillä  
on kolmannen juovan kolme peräkkäistä näytettä  $f_7$ ,  $f_8$  ja  $f_9$ ,

- lasketaan ikkunan näytearvoista operaattorivasteet neljäs-  
sä suunnassa, jotka operaattorit toteuttavat kaavat

vaakasuunta =  $\max(|f_5-f_2|, |f_5-f_8|) - \max\_min(f_4, f_5, f_6)$

15 pystysuunta =  $\max(|f_5-f_4|, |f_5-f_6|) - \max\_min(f_2, f_5, f_8)$

45°-suunta =  $\max(|f_5-f_1|, |f_5-f_9|) - \max\_min(f_3, f_5, f_7)$

135°-suunta =  $\max(|f_5-f_3|, |f_5-f_7|) - \max\_min(f_1, f_5, f_9),$

joissa  $\max\_min()$  tarkoittaa suluissa olevista arvoista suu-  
rimman ja pienimmän erotusta,

20 - valitaan ikkunan keskimmäisen näytteen reunatiedoksi suun-  
ta, jonka operaattorivaste on suurin, jolloin reunatieto  
ilmaisee kuvassa olevan reunan suunnan näytteen kohdalla

- suoritetaan 3\*3-ikkunassa, jonka näytteiden reunatieto on  
tunnettu, keskimmäisen näytteen reunatiedon oikeellisuuden

25 tarkastus ikkunan näytteiden reunatietojen perusteella, jol-  
loin saadaan keskimmäisen näytteen lopullinen reunatieto,

- saadun lopullisen reunatiedon mukaan valitaan interpolaat-  
torit, jotka interpoloivat yhden uuden näytteen keskimmäisen  
näytteen perään samalle juovalle sekä peräkkäiset toisen ja

30 kolmannen uuden näytteen edellisen juovan perään muodostet-  
tavalle uudelle juovalle siten, että toinen uusi näyte on  
samassa horisontaalipositiossa kuin keskimmäinen näyte.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä,

35 t u n n e t t u siitä, että verrataan suurimman operaatto-  
rivasteen arvoa kynnysarvoon ja sen ylittäessä kynnysarvon  
asetetaan keskimmäisen näytteen reunatiedoksi suurimman ope-

raattorivasteen suunta ja sen alittaessa kynnsarvon ei reumatietoa ole.

3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä,

5 t u n n e t t u siitä, että kynnsarvo on välillä 20-50.

4. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä,

t u n n e t t u siitä, että reumatiedon oikeellisuuden tarkastuksessa

10 - lasketaan, kuinka monta näyttteiden reumatietoa on kussakin suunnassa ( $\sum$ vaakasuunta,  $\sum$ pystysuunta,  $\sum$ 45°-suunta,  $\sum$ 135°-suunta) ja valitaan ikkunan keskimmäisen näyttteen lopulliseksi reumatiedoksi se suunta, jossa on eniten reumatietoja.

15

5. Patenttivaatimuksen 4 mukainen menetelmä,

t u n n e t t u siitä, että lasketaan 3\*3-ikkunan näyttteiden

reumatietojen kokonaislukumäärä N ( $N = \sum$ vaakasuunta +  $\sum$ pystysuunta +  $\sum$ 45°-suunta +  $\sum$ 135°-suunta) ja jos lukumäärä

20 N on suurempi kuin valittu luku (esim. 3), hyväksytään valittu lopullinen reumatieto.

6. Patenttivaatimuksen 1 tai 4 mukainen menetelmä,

25 t u n n e t t u siitä, että kun lopullinen reumatieto antaa reunan suunnaksi "vaakasuunta" tai "pystysuunta", muodostetaan uudet näyttteet asettamalla niiden arvoksi keskimmäisen näyttteen arvo.

7. Patenttivaatimuksen 1 tai 4 mukainen menetelmä,

30 t u n n e t t u siitä, että kun lopullinen reumatieto antaa reunan suunnaksi "45°-suunta", muodostetaan ensimmäinen, toinen ja kolmas uusi näyte asettamalla niiden arvoksi ikkunan keskimmäisen näyttteen arvo ja keskimmäinen näyte korvataan sen yläpuolella ja vasemmalla puolella olevan tunnetun näyttteen keskiarvolla.

35

8. Patenttivaatimuksen 1 tai 4 mukainen menetelmä,  
t u n n e t t u siitä, että kun lopullinen reunatieto antaa  
reunan suunnaksi "135°-suunta", muodostetaan toinen ja kol-  
mas uusi näyte asettamalla niiden arvoksi keskimmäisen näyt-  
teen arvo ja ensimmäinen uusi näyte muodostetaan keskimmäi-  
sen näytteen yläpuolella ja oikealla puolella olevan tunne-  
tun näytteen keskiarvona.

9. Patenttivaatimuksen 1 tai 4 mukainen menetelmä,  
t u n n e t t u siitä, että kun lopullinen reunatieto antaa  
reunan suunnaksi "pystysuunta", interpoloidaan ensimmäinen  
uusi näyte saman juovan tunnettujen välittömien naapurinäyt-  
teiden keskiarvona, toinen uusi näyte interpoloidaan verti-  
kaalisuunnan tunnettujen välittömien naapurinäytteen kes-  
kiarvona ja kolmas uusi näyte saadaan sen alapuolisen juovan  
tunnettujen välittömien naapurinäytteen keskiarvona.

10. Patenttivaatimuksen 1 tai 4 mukainen menetelmä,  
t u n n e t t u siitä, että kun lopullinen reunatieto antaa  
reunan suunnaksi "vaakasuunta", interpoloidaan ensimmäinen  
uusi näyte saman juovan tunnettujen välittömien naapurinäyt-  
teiden keskiarvona, toinen uusi näyte interpoloidaan verti-  
kaalisuunnan tunnettujen välittömien naapurinäytteen kes-  
kiarvona ja kolmas uusi näyte saadaan seuraavan vertikaali-  
linjan tunnettujen välittömien naapurinäytteen keskiarvo-  
na.

11. Patenttivaatimuksen 1 tai 4 mukainen menetelmä,  
t u n n e t t u siitä, että kun lopullinen reunatieto antaa  
reunan suunnaksi "45°-suunta", interpoloidaan ensimmäinen  
uusi näyte saman juovan tunnettujen välittömien naapurinäyt-  
teiden keskiarvona, toinen uusi näyte interpoloidaan samassa  
vertikaalisuunnassa olevien välittömien tunnettujen naapu-  
rinäytteen keskiarvona ja kolmas uusi näyte interpoloidaan  
positiivisessa diagonaalisuunnassa (45°) olevien välittömien  
tunnettujen naapurinäytteen keskiarvona.

12. Patenttivaatimuksen 1 tai 4 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että kun lopullinen reunatieto antaa reunan suunnaksi "135°-suunta", interpoloidaan ensimmäinen uusi näyte saman juovan tunnettujen välittömien naapurinäyt-  
 5 teiden keskiarvona, toinen uusi näyte interpoloidaan samassa vertikaalisuunnassa olevien välittömien tunnettujen naapu- rinäytteiden keskiarvona ja kolmas uusi näyte interpoloidaan negatiivisessa diagonaalisuunnassa (135°) olevien välittömi- en tunnettujen naapurinäytteiden keskiarvona.

10

13. Kytkentäjärjestely katodisädeputkella näytettävän ortogonaalisesti näytteistetyyn progressiivisen kuvan näyte- tiheyden kaksinkertaistamiseksi pysty- ja vaakasuunnassa, t u n n e t t u siitä, että kytkentään kuuluu:

15

- ensimmäinen 3\*3-näyteikkunassa toimiva piiri, jonka tulona on samanaikaisesti kulloinkin kolme peräkkäistä juovaa, jol- loin hetkellisesti ikkunan ensimmäisellä rivillä on ensim- mäisen juovan kolme peräkkäistä näytettä  $f_1$ ,  $f_2$  ja  $f_3$ , toi- sella rivillä on seuraavan juovan kolme peräkkäistä näytettä  $f_4$ ,  $f_5$ ,  $f_6$  ja kolmannella rivillä on kolmannen juovan kolme peräkkäistä näytettä  $f_7$ ,  $f_8$  ja  $f_9$ ,

20

- operaattorivasteiden laskentapiiri, jonka tulona on 3\*3-näyteikkunapiirin näytearvot ja joka laskee näytearvoista operaattorivasteet neljässä suunnassa ja jonka operaattorit toteuttavat kaavat

25

vaakasuunta =  $\max(|f_5-f_2|, |f_5-f_8|) - \max\_min(f_4, f_5, f_6)$

pystysuunta =  $\max(|f_5-f_4|, |f_5-f_6|) - \max\_min(f_2, f_5, f_8)$

45°-suunta =  $\max(|f_5-f_1|, |f_5-f_9|) - \max\_min(f_3, f_5, f_7)$

135°-suunta =  $\max(|f_5-f_3|, |f_5-f_7|) - \max\_min(f_1, f_5, f_9),$

30

joissa  $\max\_min()$  tarkoittaa suluissa olevista arvoista suu- rimman ja pienimmän erotusta,

- valintapiiri, joka valitsee ikkunan keskimmäisen näytteen reunatiedoksi suunnan, jonka operaattorivaste on suurin,

- reunatiedon oikeellisuuden tarkastuspiiri, joka toimii

35

toisessa 3\*3-ikkunassa, jonka näytteiden reunatieto on las- kettu ja joka tarkastaa keskimmäisen näytteen reunatiedon oikeellisuuden ikkunan muiden näytteiden reunatietojen pe-

rusteella, jolloin piirin lähtö on keskimmäisen näytteen lopullinen reunatieto,

- interpolaattorit, jotka saadun lopullisen reunatiedon mukaan interpoloivat yhden uuden näytteen ikkunan keskimmäisen näytteen perään samalle juovalle sekä peräkkäiset toisen ja kolmannen uuden näytteen edellisen juovan perään muodostettavalle uudelle juovalle siten, että toinen uusi näyte on samassa horisontaalipositiossa kuin keskimmäinen näyte.

10 14. Patenttivaatimuksen 13 mukainen kytkentäjärjestely, t u n n e t t u siitä, että operaattorivasteiden laskenta-  
piiriin on kytketty vertailuelin, jonka tuloina on suurimman operaattorivasteen arvo sekä valittu kynnyсарvo ja vasteen  
arvon ylittäessä kynnyсарvon asettaa vertailuelimen lähtö  
15 ensimmäisen ikkunan keskimmäisen näytteen reunatiedoksi suurimman operaattorivasteen suuntatiedon.

15. Patenttivaatimuksen 13 tai 14 mukainen kytkentäjärjestely, t u n n e t t u siitä, että toiseen ikkunaan liitetty reunatiedon oikeellisuuden tarkastuspiiri laskee,  
20 kuinka monta näytteiden reunatietoa on kussakin suunnassa ja piirin lähtö asettaa ikkunan keskimmäisen näytteen lopulliseksi reunatiedoksi sen suunnan, jossa on eniten reunatietoja.

25 16. Patenttivaatimuksen 13 tai 15 mukainen kytkentäjärjestely, t u n n e t t u siitä, että kun reunatiedon oikeellisuuden tarkastuspiirin lähtö on asettanut toisen ikkunan keskimmäisen näytteen lopulliseksi reunatiedoksi "vaakasuunta" tai "pystysuunta", asettaa interpolaattori toisen  
30 ikkunan ensimmäisen, toisen ja kolmannen uuden näytteen arvoksi keskimmäisen näytteen arvon.

35 17. Patenttivaatimuksen 13 tai 15 mukainen kytkentäjärjestely, t u n n e t t u siitä, että kun reunatiedon oikeellisuuden tarkastuspiirin lähtö on asettanut toisen ikkunan keskimmäisen näytteen lopulliseksi reunatiedoksi "45°-suunta", asettaa interpolaattori ensimmäisen, toisen ja kol-

mannen uuden näytteen arvoksi ikkunan keskimmäisen näytteen arvon ja 2-pisteen interpolaattorin lähtö, jonka tuloina on toisen ikkunan keskimmäisen näytteen yläpuolella ja vasemmalla puolella oleva tunnettu näyte, on uusi keskimmäisen näytteen arvo.

18. Patenttivaatimuksen 13 tai 15 mukainen kytkentäjärjestely, tunnetaan siitä, että kun reunatiedon oikeellisuuden tarkastuspiirin lähtö on asettanut toisen ikkunan keskimmäisen näytteen lopulliseksi reunatiedoksi "135°-suunta", siirtää interpolaattori toiseksi ja kolmanneksi uudeksi näytteeksi keskimmäisen näytteen arvon ja 2-pisteen interpolaattorin lähtö, jonka tuloina on keskimmäisen näytteen yläpuolella ja oikealla puolella olevat tunnetut näytteet, on ensimmäisen uuden näytteen arvo.

19. Patenttivaatimuksen 13 mukainen kytkentäjärjestely, tunnetaan siitä, että kun reunatiedon oikeellisuuden tarkastuspiirin lähtö on asettanut keskimmäisen näytteen lopulliseksi reunatiedoksi "pystysuunta", on ensimmäisen uuden näytteen arvo 2-pisteen sen interpolaattorin lähtö, jonka tuloina ovat keskimmäinen ja sitä seuraava tunnettu näyte, toisen uuden näytteen arvo on sen 2-pisteen interpolaattorin lähtö, jonka tuloina ovat keskimmäinen näyte ja sen alapuolella oleva tunnettu näyte ja kolmannen uuden näytteen arvo on sen 2-pisteen interpolaattorin lähtö, jonka tuloina ovat keskimmäisen näytteen alapuolella oleva näyte ja tätä näytettä seuraava tunnettu näyte.

20. Patenttivaatimuksen 13 mukainen kytkentäjärjestely, tunnetaan siitä, että kun reunatiedon oikeellisuuden tarkastuspiiri on asettanut keskimmäisen näytteen lopulliseksi reunatiedoksi "vaakasuunta", on ensimmäinen uusi näyte sen 2-pisteen interpolaattorin lähdön arvo, jonka tuloina ovat keskimmäinen näyte ja sitä seuraava tunnettu näyte, toinen uusi näyte on sen 2-pisteen interpolaattorin lähdön arvo, jonka tuloina ovat keskimmäinen näyte ja sen alapuolella oleva tunnettu näyte ja kolmas uusi näyte on sen

2-pisteen interpolaattorin lähdön arvo, jonka tuloina ovat keskimmainen näyte ja seuraavalla juovalla seuraavassa horisontaalipositiossa oleva tunnettu näyte.

5      21.      Patenttivaatimuksen 13 mukainen kytkentäjärjestely, t u n n e t t u siitä, että kun reunatiedon oikeellisuuden tarkastuspiiri antaa lopulliseksi reunatiedoksi "45°-suunta", on ensimmäinen uusi näyte sen 2-pisteen interpolaattorin lähdön arvo, jonka tuloina ovat keskimmainen näyte ja  
10      sitä seuraava tunnettu näyte, toinen uusi näyte on sen 2-pisteen interpolaattorin lähdön arvo, jonka tuloina ovat keskimmainen näyte sekä sen alapuolella samassa vertikaalilinjassa oleva tunnettu naapurinäyte ja kolmas uusi näyte on  
15      sen 2-pisteen interpolaattorin lähdön arvo, jonka tuloina ovat positiivisessa diagonaalisuunnassa (45°) olevat sanotun uuden näytteen välittömät tunnetut naapurinäytteet.

22.      Patenttivaatimuksen 13 mukainen kytkentäjärjestely, t u n n e t t u siitä, että kun reunatiedon oikeellisuuden tarkastuspiiri antaa lopulliseksi reunatiedoksi  
20      "135°-suunta", on ensimmäinen uusi näyte sen 2-pisteen interpolaattorin lähdön arvo, jonka tuloina ovat keskimmainen näyte ja sitä seuraava tunnettu näyte, toinen uusi näyte on  
25      sen 2-pisteen interpolaattorin lähdön arvo, jonka tuloina ovat keskimmainen näyte sekä sen alapuolella samassa vertikaalilinjassa oleva tunnettu naapurinäyte ja kolmas uusi  
näyte on sen 2-pisteen interpolaattorin lähdön arvo, jonka tuloina ovat negatiivisessa diagonaalisuunnassa (135°) olevat sanotun uuden näytteen välittömät tunnetut naapurinäyt-  
30      teet.

Patentkrav

1. Förfarande för att vertikalt och horisontalt dubblera sampeltätheten i en progressiv bild som samplats ortogonalt och visas på ett katodstrålrör, **kännetecknat** av att

- 5 - tre efterföljande linjer leds samtidigt till ett 3\*3-fönster, varvid det momentant på första raden i fönstret finns tre efterföljande sampel  $f_1$ ,  $f_2$  och  $f_3$  av den första linjen, på den andra raden tre efterföljande sampel  $f_4$ ,  $f_5$  och  $f_6$  av följande linje, och på tredje raden tre efterföljande sampel
- 10  $f_7$ ,  $f_8$  och  $f_9$  av den tredje linjen,
- operatorresponserna kalkyleras på basen av fönstrets sampelvärden i fyra riktningar, vilka operatorer uppfyller formeln

horisontalt  $= \max(|f_5 - f_2|, |f_5 - f_8|) - \max\_min(f_4, f_5, f_6)$

15 vertikalt  $= \max(|f_5 - f_4|, |f_5 - f_6|) - \max\_min(f_2, f_5, f_8)$

45°-riktning  $= \max(|f_5 - f_1|, |f_5 - f_9|) - \max\_min(f_3, f_5, f_7)$

135°-riktning  $= \max(|f_5 - f_3|, |f_5 - f_7|) - \max\_min(f_1, f_5, f_9),$

i vilka  $\max\_min( )$  avser skillnaden mellan det högsta och det lägsta värdet inom parentes,

- 20 - som kantinformation för det mittersta samplet i fönstret väljs den riktning som har den högsta operatorresponsen, varvid kantinformationen anger kantens riktning i bilden vid samplet,
- en överensstämmelsekontroll utförs i 3\*3-fönstret, i vilket
- 25 samplens kantinformation är känd, beträffande kantinformationen för det mittersta samplet på basen av kantinformationen av samplen i fönstren, varvid den slutliga kantinformationen för det mittersta samplet erhålls,
- i enlighet med den erhållna slutliga kantinformationen
- 30 väljs interpolatorerna, vilka interpolerar ett nytt sampel efter det mittersta samplet på samma linje, och det efterföljande andra och tredje nya samplet på en ny linje bildad efter den föregående linjen, så att det andra nya samplet är i samma horisontalposition som det mittersta samplet.

35

2. Förfarande enligt patentkrav 1, **kännetecknat** av att värdet av den högsta operatorresponsen jämförs med tröskelvärdet, och då det överskrider tröskelvärdet ställs som

kantinformation för det mittersta samplet riktningen för den högsta operatorresponsen, och då det underskrider tröskelvärde finns det ingen kantinformation.

5        3.    Förfarande enligt patentkrav 2, **kännetecknat** av att tröskelvärde är mellan 20-50.

10       4.    Förfarande enligt patentkrav 1 eller 2, **kännetecknat** av att vid konrollen av kantinformationens överensstämmelse - kalkyleras hur många kantinformationer för samplen det finns i varje riktning ( $\Sigma$ horisontellt,  $\Sigma$ vertikalt,  $\Sigma 45^\circ$ -riktning,  $\Sigma 135^\circ$ -riktning) och den riktning väljs för den slutliga kantinformationen för det mittersta samplet i fönstret som innehåller mest kantinformation.

15       5.    Förfarande enligt patentkrav 4, **kännetecknat** av att det totala antalet N av kantinformationer för samplen i 3\*3-fönstret kalkyleras ( $N = \Sigma$ horisontellt +  $\Sigma$ vertikalt +  $\Sigma 45^\circ$ -riktning +  $\Sigma 135^\circ$ -riktning) och ifall antalet N är större än en vald siffra (t.ex. 3), godkänns den valda slutliga kantinformation.

20

25       6.    Förfarande enligt patentkrav 1 eller 4, **kännetecknat** av att då den slutliga kantinformationen som kantriktning ger "horisontal" eller "vertikal", bildas nya sampel genom att ställa värdet för det mittersta samplet som värde för dem.

30       7.    Förfarande enligt patentkrav 1 eller 4, **kännetecknat** av att då den slutliga kantinformationen som kantriktning ger "45°-riktning", bildas ett första, ett andra och ett tredje nytt sampel genom att som värde för dem ställa värdet för det mittersta samplet i fönstret och det mittersta samplet ersätts med medeltalet för det kända samplet ovanför det och till vänster om det.

35       8.    Förfarande enligt patentkrav 1 eller 4, **kännetecknat** av att då den slutliga kantinformationen ger "135°-riktning" som kantriktning, bildas ett andra och tredje nytt sampel genom

att som värde för dem ställa värdet för det mittersta samplet och det första nya samplet bildas som medeltalet av det kända samplet ovanför och till höger om det mittersta samplet.

5

9. Förfarande enligt patentkrav 1 eller 4, **kännetecknat** av att då den slutliga kantinformation som kantriktning ger "vertikalt", interpoleras det första nya samplet som medeltalet av de kända omedelbara grannsamplen på samma linje, det andra nya samplet interpoleras som medeltalet av de kända omedelbara grannsamplen i vertikalriktningen och det tredje nya samplet erhålls som medeltalet av de kända omedelbara grannsamplen på linjen under denna.

10

15

10. Förfarande enligt patentkrav 1 eller 4, **kännetecknat** av att då den slutliga kantinformation som kantriktning ger "horisontalt", interpoleras det första nya samplet som medeltalet av de kända omedelbara grannsamplen på samma linje, det andra nya samplet interpoleras som medeltalet av de kända omedelbara grannsamplen i vertikalriktning, och det tredje nya samplet erhålls som medeltalet av de kända omedelbara grannsamplen på följande vertikallinje.

20

25

11. Förfarande enligt patentkrav 1 eller 4, **kännetecknat** av att då den slutliga kantinformation ger "45°-riktning" som kantriktning, interpoleras det första nya samplet som medeltalet av de kända omedelbara grannsamplen på samma linje, det andra nya samplet interpoleras som medeltalet av de omedelbara kända grannsamplen i samma vertikalriktning, och det tredje nya samplet interpoleras som medeltalet av de omedelbara kända grannsamplen i den positiva diagonalriktningen (45°).

30

35

12. Förfarande enligt patentkrav 1 eller 4, **kännetecknat** av att då den slutliga kantinformation ger "135°-riktning" som kantriktning, interpoleras det första nya samplet som medeltalet av de kända omedelbara grannsamplen på samma linje, det andra nya samplet interpoleras som medeltalet av de ome-

delbara kända grannsamplen i samma vertikalriktning, och det tredje nya samplet interpoleras som medeltalet av de omedelbara kända grannsamplen i negativ diagonalriktning (135°).

5 13. Kopplingsarrangemang för att vertikalt och horisontalt dubblera sampeltätheten i en ortogonalt samplad progressiv bild som visas med ett katodstrålrör, **kännetecknat** av att kopplingen omfattar:

10 - en första krets som verkar i ett 3\*3-sampelfönster, vars ingång samtidigt omfattar tre efterföljande linjer, varvid det momentant på första raden i fönstret finns tre efterföljande sampel  $f_1$ ,  $f_2$  och  $f_3$  av den första linjen, på den andra raden finns tre efterföljande sampel  $f_4$ ,  $f_5$ ,  $f_6$  av följande linje och på den tredje raden tre efterföljande sampel  $f_7$ ,  $f_8$  och  $f_9$  av den tredje linjen,

15 - en kalkylkrets för operatorresponserna, vars ingång består av sampelvärdena av 3\*3-sampelfönsterkretsen och som räknar operatorresponserna på basen av sampelvärdena i fyra riktningar och vars operatörer uppfyller formlerna

20 horisontalt =  $\max(|f_5-f_2|, |f_5-f_8|) - \max\_min(f_4, f_5, f_6)$

vertikalt =  $\max(|f_5-f_4|, |f_5-f_6|) - \max\_min(f_2, f_5, f_8)$

45°-riktning =  $\max(|f_5-f_1|, |f_5-f_9|) - \max\_min(f_3, f_5, f_7)$

135°-riktning =  $\max(|f_5-f_3|, |f_5-f_7|) - \max\_min(f_1, f_5, f_9)$ ,

25 i vilka  $\max\_min( )$  avser skillnaden mellan det högsta och det lägsta värdet inom parentes,

- en väljkrets, som väljer som kantinformation för det mittersta samplet i fönstret den riktning vars operatorrespons är störst,

30 - en kontrollkrets för kantinformationens överensstämmelse, som verkar i det andra 3\*3-fönstret, för vilken kantinformation för samplen kalkylerats och som kontrollerar överensstämmelsen av kantinformation för det mittersta samplet på basen av kantinformation för de andra samplen i fönstret, varvid kretsens utgång utgör slutlig kantinformation för det mittersta samplet,

35 - interpolatorer, vilka på basen av den slutliga kantinformation interpolerar ett nytt sampel efter det mittersta samplet i fönstret på samma linje, samt efterföljande andra

och tredje nytt sampel på en ny linje bildad efter den föregående linjen, så att det andra nya samplet är i samma horisontalposition som det mittersta samplet.

5      14. Kopplingsarrangemang enligt patentkrav 13, **kännetecknat**  
av att ett jämförelseorgan kopplats till kalkyleringskretsen  
för operatorresponser, vars ingångar är värdet av den högsta  
operatorresponsen samt ett valt tröskelvärde, och då värdet  
10 av responsen överskrider tröskelvärdet, ställer utgången av  
jämförelseorganet riktningsinformationen för den högsta operatorresponsen för det mittersta samplet i fönstret.

15      15. Kopplingsarrangemang enligt patentkrav 13 eller 14,  
**kännetecknat** av att en krets kopplad till det andra fönstret  
för kontroll av överensstämmelse av kantinformationen kalkylerar hur många kantinformationer för samplen det finns i  
varje riktning och kretsens utgång ställer som slutlig  
kantinformation för det mittersta samplet i fönstret den  
20 riktning där det finns mest kantinformation.

25      16. Kopplingsarrangemang enligt patentkrav 13 eller 15,  
**kännetecknat** av att då utgången av kretsen för kontroll av  
överensstämmelse av kantinformationen har ställt "horisontal" eller "vertikal" som slutlig kantinformation för det  
mittersta samplet i det andra fönstret, ställer interpolatorn värdet för det mittersta samplet som värde för det  
första, andra och tredje nya samplet i det andra fönstret.

30      17. Kopplingsarrangemang enligt patentkrav 13 eller 15,  
**kännetecknat** av att då utgången av kretsen för kontroll av  
överensstämmelse har ställt "45°-riktning" som slutlig kantinformation för det mittersta samplet i det andra fönstret,  
ställer interpolatorn värdet för det mittersta samplet i  
fönstret som värde för det första, andra och tredje nya  
35 samplet, och utgången av 2-punkts interpolatorn, vars ingångar är det kända samplet ovanför och till vänster om det  
mittersta samplet i det andra fönstret, utgör det nya värdet för det mittersta samplet.

18. Kopplingsarrangemang enligt patentkrav 13 eller 15, **kännetecknat** av att då utgången av kretsen för kontroll av överensstämmelse av kantinformation har ställt "135°-riktning" som kantinformation för det mittersta samplet i det andra fönstret, ändrar interpolatorn värdet för det mittersta samplet som andra och tredje nytt sampel och utgången av 2-punkts interpolatorn, vars ingång är de kända samplen ovanför och till höger om det mittersta samplet, utgör värdet för det första nya samplet.

10

19. Kopplingsarrangemang enligt patentkrav 13, **kännetecknat** av att då utgången av kretsen för kontroll av överensstämmelse av kantinformation har ställt "vertikal" som slutlig kantinformation för det mittersta samplet, är värdet för det första nya samplet utgången av 2-punkts interpolatorn i vilken ingångarna utgörs av det mittersta samplet och det efterföljande kända samplet, värdet av det andra nya samplet är utgången av 2-punkts interpolatorn i vilka ingångarna är det mittersta samplet och ett känt sampel under detta, och värdet för ett tredje nytt sampel är utgången av 2-punkts interpolatorn i vilken ingångarna är samplet under det mittersta samplet och ett efterföljande känt sampel.

15

20

20. Kopplingsarrangemang enligt patentkrav 13, **kännetecknat** av att då kretsen för kontroll av överensstämmelse av kantinformation har ställt "horisontal" som slutlig kantinformation för det mittersta samplet, är det första nya samplet värdet av utgången av 2-punkts interpolatorn i vilken ingångarna är det mittersta samplet och det efterföljande kända samplet, det andra nya samplet är värdet av utgången av 2-punkts interpolatorn i vilken ingångarna är det mittersta samplet och det kända samplet under detta, och det tredje samplet är värdet av utgången av 2-punkts interpolatorn i vilken ingångarna är det mittersta samplet och det kända samplet i en efterföljande horisontal position på följande linje.

25

30

35

21. Kopplingsarrangemang enligt patentkrav 13, **kännetecknat** av att då kretsen för kontroll av överensstämmelse av kantinformation ger "45°-riktning" som slutlig kantinformation, är det första nya samplet värdet för utgången av den 2-punkts interpolator, vars ingångar är det mittersta samplet och efterföljande kända sampel, det andra nya samplet är värdet för utgången av den 2-punkts interpolator, vars ingångar är det mittersta samplet samt det kända grannsamplet under detta i samma vertikallinje, och det tredje nya samplet är värdet för utgången av den 2-punkts interpolator, vars ingångar är de omedelbara kända grannsamplen för nämnda nya sampel i positiv diagonalriktning (45°).

22. Kopplingsarrangemang enligt patentkrav 13, **kännetecknat** av att då kretsen för kontroll av överensstämmelse av kantinformation ger "135°-riktning" som slutlig kantinformation, är det första nya samplet värdet för utgången av den 2-punkts interpolator, vars ingångar är det mittersta samplet och efterföljande kända sampel, det andra nya samplet är värdet för utgången av den 2-punkts interpolator, vars ingångar är det mittersta samplet samt det kända grannsamplet under detta i samma vertikallinje, och det tredje nya samplet är värdet för utgången av den 2-punkts interpolator, vars ingångar är de omedelbara kända grannsamplen för nämnda nya sampel i negativ diagonalriktning (135°).

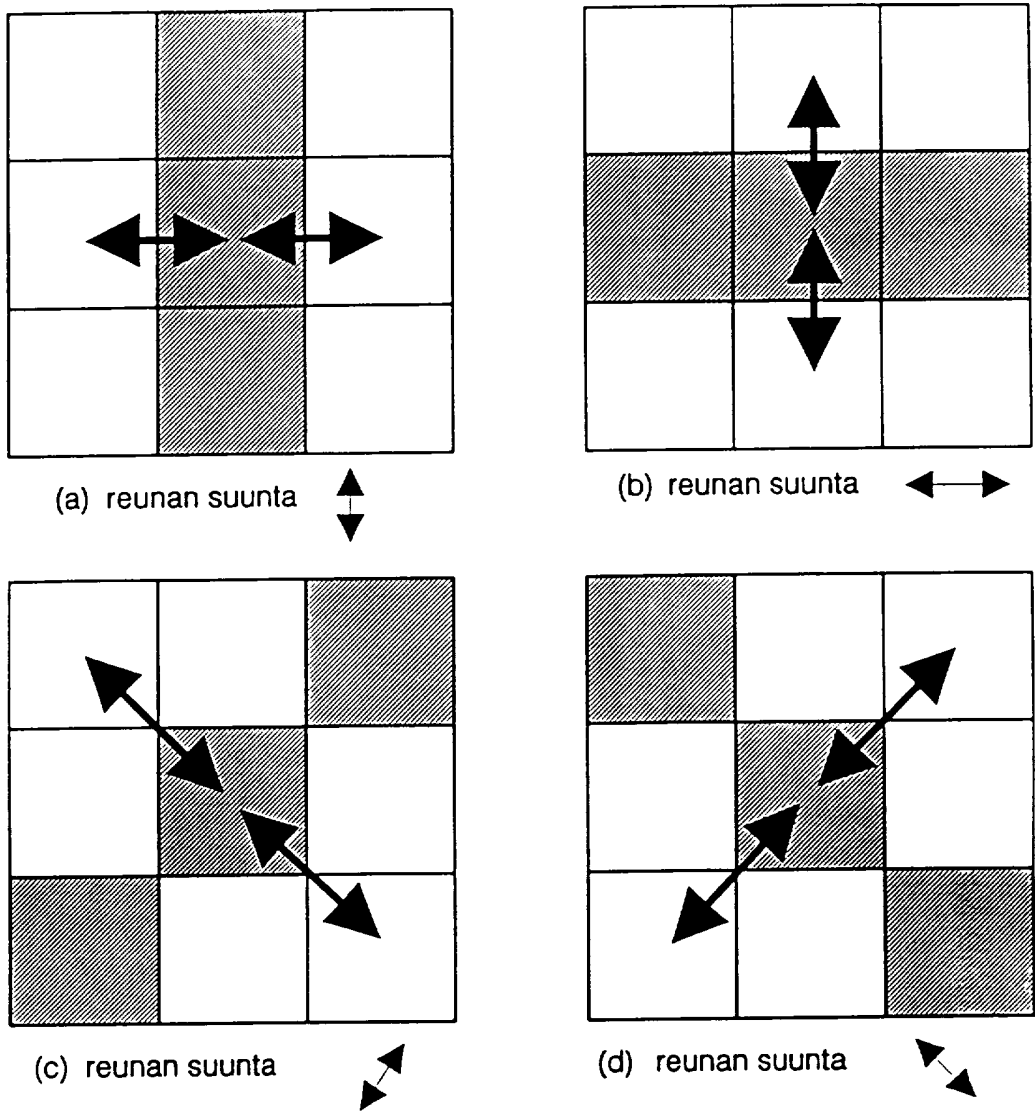
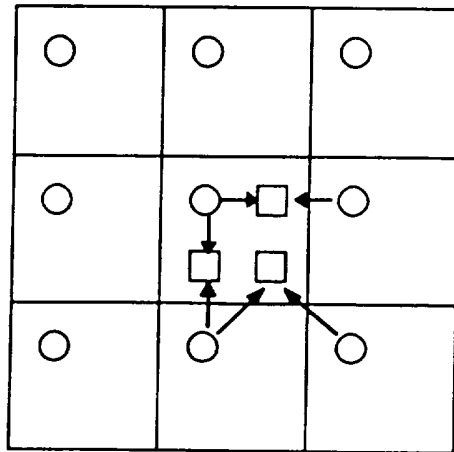


Fig. 1

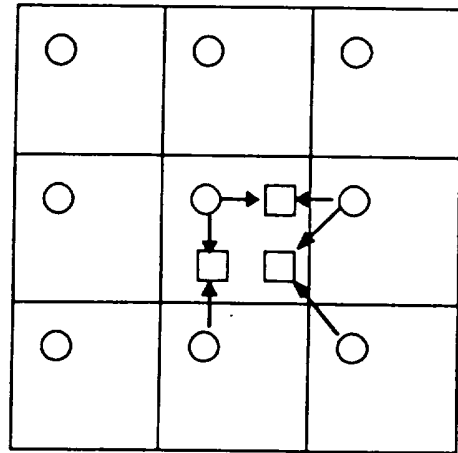
Fig. 3

|    |    |    |
|----|----|----|
| f1 | f2 | f3 |
| f4 | f5 | f6 |
| f7 | f8 | f9 |

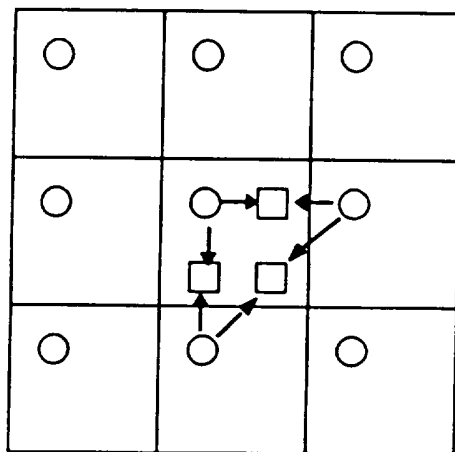
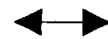




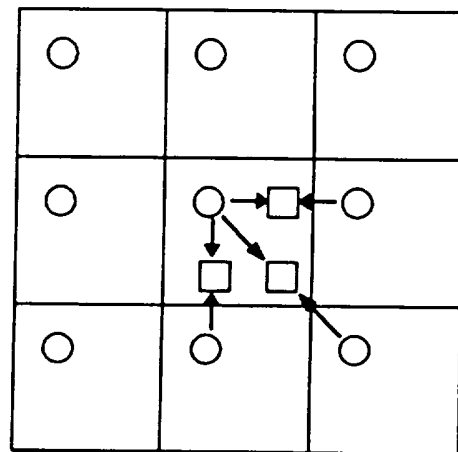
(a) reunan suunta



(b) reunan suunta



(c) reunan suunta



(d) reunan suunta



Fig. 5