FI000110909B

(12) **PATENTTIJULKAISU**
PATENTSKRIFT

(10) **FI 110909 B**

(45) Patentti myönnetty - Patent beviljats **15.04.2003**

(51) Kv.lk.7 - Int.kl.7

H04N 7/32

(21) Patenttihakemus - Patentansökning **20011768**

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag **06.09.2001**

(24) Alkupäivä - Löpdag **06.09.2001**

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig **07.03.2003**

(73) Haltija - Innehavare

1 •Nokia Corporation, , Helsinki, Keilalahdentie 4, 02150 Espoo, SUOMI - FINLAND, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1 •Guevorkian,David, , Ruovedenkatu 13 A 3, 33720 Tampere, SUOMI - FINLAND, (FI)
2 •Launiainen,Aki, , Yliopistonkatu 45 D 41, 33500 Tampere, SUOMI - FINLAND, (FI)
3 •Liuha,Petri, , Jäkäläkatu 30, 33820 Tampere, SUOMI - FINLAND, (FI)

(74) Asiamies - Ombud: Tampereen Patenttitoimisto Oy
Hermiankatu 12 B, 33720 Tampere

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

Menetelmä liike-estimoinnin suorittamiseksi videokoodauksessa, videokoodausjärjestelmä sekä videokoodauslaite
Förfarande för att urföra rörelse-estimering vid videokodning, videokodningsystem samt videokodningsanordning

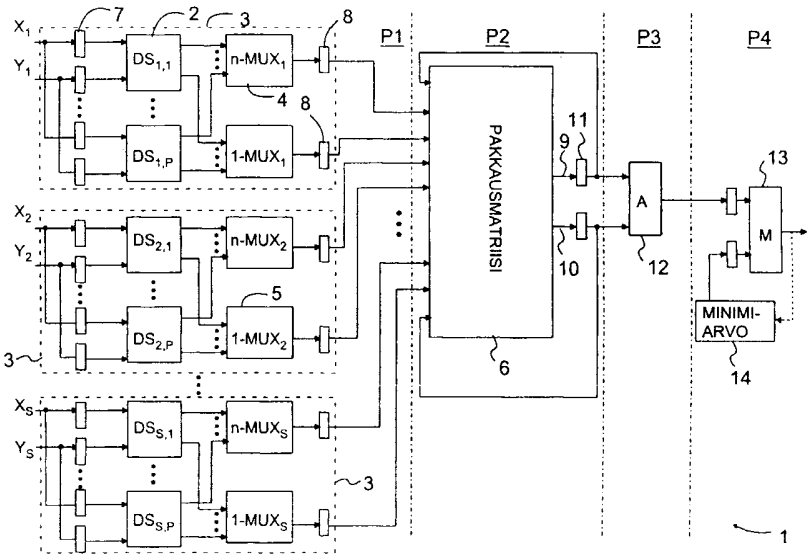
(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

US A 5864372 (H 04N 7/32), US A 5652625 (H 04N 7/32), US A 6011870 (G 06K 9/36), US A 5838392 (H 04N 5/14)

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Nyt esillä oleva keksintö koskee menetelmää videokuvan liike-estimoinnin suorittamiseksi videokoodauksessa. Videosignaali koostuu kehyksistä (FR1, FR2), jotka käsittävät lohkoja (X, Y, Y'). Menetelmässä muodostetaan yhdistetty vertailuarvo käyttämällä koodattavan kehyksen (FR1) esillä olevaa kuvalohkoa (X) ja toisen kehyksen (FR2) ainakin yhtä muuta kuvalohkoa (Y, Y'). Koodattavan kehyksen (FR1) mainittu esillä oleva kuvalohko (X) käsittää joukon ensimmäisiä data-arvoja ($\{x_1,...,x_K\}$), ja toisen kehyksen (FR2) mainittu ainakin yksi muu kuvalohko (Y, Y') käsittää joukon toisia data-arvoja ($\{x_1,...,x_K\}$). Menetelmässä data-arvoparit muodostetaan ensimmäisten data-arvojen joukon ($\{\{x_1,...,x_K\}$) data-arvoista ja samasta määrästä mainitun toisten data-arvojen joukon ($\{y_1,...,y_K\}$) vastaavista data-arvoista. Mainittu yhdistetty vertailuarvo muodostetaan määrittelemällä vertailuarvoja, joista kukin määritellään käyttämällä mainittujen data-arvoparien yhden data-arvoparin data-arvoja. Mainitut data-arvoparit jaetaan ainakin kahteen data-arvoparien osajoukkoon ($x_{(t-1)s+1},...,x_{ts}$), Joista kukin osajoukko käsittää saman määrän data-arvopareja. Mainittujen vertailuarvojen laskenta on limitetty siten, että data-arvoparien yhden osajoukon vertailuarvojen laskenta aloitetaan sen jälkeen, kun data-arvoparien toisen osajoukon vertailuarvojen laskenta on käynnistetty mutta ei vielä saatettu loppuun.

Den föreliggande uppfinningen avser ett förfarande för att utföra rörelse-estimering av en videobild vid videokodning. Videosignalen består av ramar (FR1, FR2), vilka omfattar block (X, Y, Y'), I förfarandet bildas ett kombinerat referensvärde genomatt använda ett föreliggande bildblock (X) av en ram (FR1) som skall kodas och åtminstone ett annat bildblock (Y, Y') av en annan ram (FR2). Sagda föreliggande bildblock (X) av ramen (FR1) som skall kodas omfattar en mängd av första datavärden ($\{x_1,...,x_K\}$), och sagda åtminstone ett annat bildblock (Y, Y') av den andra ramen (FR2) omfattar en mängd av andra datavärden ($\{y_1,...,y_K\}$) förfarandet bildas datavärdepar av datavärden i mängden av första datavärden ($\{x_1,...,x_K\}$) och det samma antaletmotsvarande datavärden i sagda mängd av andra datavärden ($\{y_1,...,y_K\}$). Sagda kombinerade referensvärde bildas genom att bestämma referensvärden, av vilka vart och ett bestäms genom att använda datavärden av ett datavärdepar bland sagda datavärdepar. Sagda datavärdepar delas i åtminstone två delmängder ($x_{(t-1)s+1},...,x_{ts}$) av datavärdepar, av vilka varje delmängd omfattar det samma antalet datavärdepar. Kalkyleringen av sagda referensvärden är anordnad på ett överlappande sätt så, att kalkyleringen av referensvärden i en delmängd av datavärdepar börjas efter kalkyleringen av referensvärden i den andra delmängden av datavärdepar har påbörjats med inte ännu slutförts.



Menetelmä liike-estimoinnin suorittamiseksi videokoodauksessa, videokoodausjärjestelmä sekä videokoodauslaite

Nyt esillä oleva keksintö koskee menetelmää videokuvan liike-estimoinnin suorittamiseksi videokoodauksessa, jossa videosignaali koostuu kehyksistä, videokehykset käsittävät lohkoja, ja muodostetaan yhdistetty vertailuarvo käyttämällä koodattavan kehyksen käsiteltävänä olevaa kuvalohkoa ja toisen kehyksen ainakin yhtä muuta kuvalohkoa, jolloin koodattavan kehyksen mainittu käsiteltävänä oleva kuvalohko käsittää joukon ensimmäisiä data-arvoja, toisen kehyksen mainittu ainakin yksi muu kuvalohko käsittää joukon toisia data-arvoja, muodostetaan data-arvopareja mainitun ensimmäisten data-arvojen joukosta ja sama määrä vastaavia data-arvoja mainitusta toisten data-arvojen joukosta, jolloin mainittu yhdistetty vertailuarvo muodostetaan määrittämällä vertailuarvoja, joista kukin määräytyy käyttämällä mainittujen data-arvoparien yhden data-arvoparin data-arvoja, ja mainitut data-arvoparit jaetaan ainakin kahteen data-arvoparien osajoukkoon, joista kukin osajoukko käsittää saman määrän data-arvopareja. Keksintö koskee myös videokoodausjärjestelmää videokuvan liike-estimoinnin suorittamiseksi videokoodauksessa, jossa videosignaali koostuu kehyksistä, jotka käsittävät lohkoja, jolloin järjestelmä käsittää välineen yhdistetyn vertailuarvon muodostamiseksi käyttämällä koodattavan kehyksen käsiteltävänä olevaa kuvalohkoa ja toisen kehyksen ainakin yhtä muuta kuvalohkoa, jolloin koodattavan kehyksen mainittu käsiteltävänä oleva kuvalohko käsittää joukon ensimmäisiä data-arvoja, toisen kehyksen mainittu ainakin yksi muu kuvalohko käsittää joukon toisia data-arvoja, jolloin mainittu väline yhdistetyn vertailuarvon muodostamiseksi käsittää syöttövälineen ainakin kahden osajoukon sarjan syöttämiseksi, joista kukin osajoukko käsittää saman määrän data-arvopareja mainituista ensimmäisten data-arvojen joukosta ja saman määrän vastaavia data-arvoja mainittujen toisten data-arvojen joukosta, välineen vertailuarvojen määrittelemiseksi, joista kukin on määritelty käyttämällä mainittujen data-arvoparien ainakin yhden data-arvoparin data-arvoja. Keksintö koskee lisäksi videokoodauslaitetta, joka käsittää välineet videosignaalin koodaamiseksi, joka videosignaali koostuu kehyksistä, jotka käsittävät lohkoja; välineet videokuvan liike-

estimoinnin suorittamiseksi; välineen yhdistetyn vertailuarvon laskemiseksi koodattavan kehyksen käsiteltävänä olevan kuvalohkon ja toisen kehyksen ainakin yhden muun kuvalohkon välillä, jolloin koodattavan kehyksen mainittu käsiteltävänä oleva kuvalohko käsittää joukon ensimmäisiä data-arvoja, toisen kehyksen mainittu ainakin yksi kuvalohko käsittää joukon toisia data-arvoja, mainittu väline yhdistetyn vertailuarvon muodostamiseksi käsittää syöttövälineet ainakin kahden osajoukon sarjan syöttämiseksi, joista kukin osajoukko käsittää saman määrän data-arvopareja mainitusta ensimmäisten data-arvojen joukosta ja saman määrän vastaavia data-arvoja mainitusta toisten data-arvojen joukosta, käsittää välineen vertailuarvojen määrittelemiseksi, joista kukin määritellään käyttämällä mainittujen data-arvoparien yhden data-arvoparin data-arvoja.

Tunnetaan videokoodausjärjestelmiä, joissa koodattava kuva on jaettu lohkoihin. Nämä lohkot sitten koodataan ja lähetetään koodauksen purkulaitteeseen tai tallennetaan tallennusvälineeseen. Lähetettävän informaation määrän vähentämiseksi on kehitetty erilaisia pakkausmenetelmiä, kuten MPEG-2 (Motion Picture Experts Group). Videokuvien lähetyksessä suoritetaan kuvien pakkaamista joko kehysten välisenä (interframe) pakkaamisena, kehysten sisäisenä (intraframe) pakkaamisena tai näiden yhdistelmänä. Kehysten välisessä pakkaamisessa tarkoituksena on vähentää peräkkäisten kuvakehysten sisältämän informaation toistoa. Kuvat sisältävät tyypillisesti suuren määrän tällaista muuttumatonta informaatiota, esimerkiksi liikkumattoman taustan, tai hitaasti muuttuvaa informaatiota, esimerkiksi silloin kun kohde liikkuu hitaasti. Kehysten välisessä pakkaamisessa on myös mahdollista hyödyntää liikekompensointia, jolloin tarkoituksena on havaita kuvasta tällaisia suurehkoja liikkuvia elementtejä, jolloin tästä kokonaisuudesta lähetetään liikevektori ja jonkinlaista erotusinformaatiota sen sijaan, että lähetettäisiin koko kokonaisuutta vastaavat kuva-alkiot. Tämän liikevektorin muodostamiseksi määritellään kyseisen kohteen liikesuunta ja nopeus . Pakkaamisesta johtuen on lähettävällä ja vastaanottavalla videopäätelaitteella oltava niin suuri käsittelynopeus, että pakkaaminen ja sen purku on mahdollista suorittaa reaaliajassa.

Kuvapikselit ryhmitellään tyypillisesti yhteen lohkojen muodostamiseksi. Lohko käsittää yleensä 16 riviä × 16 kuva-alkiota luminanssinäytteitä, toimintotietoja ja mahdollisia liikevektoreita. Lohko jaetaan neljään 8 × 8 luminanssilohkoon ja kahteen 8 × 8 krominanssilohkoon. Kuvan lukeminen (ja koodaus/koodauksen purku) etenee lohkoittain, tavanomaisesti ylhäältä vasemmalta kehyksen oikeaan alakulmaan. Yhden lohkon sisällä kuvan lukeminen (ja koodaus/koodauksen purku) etenee ylhäältä vasemmalta lohkon oikeaan alakulmaan.

MPEG-2-pakkauksessa kuva koodataan diskreetillä kosinimuunnoksella (DCT) lohkoittain siten, että lohkon koko on 8 × 8 kuva-alkiota. Muunnettavalla luminanssitasolla on täysi resoluutio. Molemmista krominanssisignaaleista otetaan aliotanta; esimerkiksi kenttä, jossa on 16 × 16 kuva-alkiota, muunnetaan 8 × 8 kuva-alkion kentäksi. Lohkojen kokoerot johtuvat pääasiassa siitä, että silmä ei erota krominanssimuutoksia yhtä hyvin kuin luminanssimuutoksia, joten 2 × 2 kuva-alkion kenttä koodataan samalla krominanssiarvolla.

MPEG-2-pakkausmenetelmässä on määritelty kolme kehystyyppiä: I-kehys (Intra), P-kehys (Predicted) ja B-kehys (Bi-directional). I-kehys muodostetaan pelkästään kuvan itsensä sisältämän tiedon perusteella, jolloin tätä I-kehystä voidaan käyttää vastaanottopäässä koko kuvan muodostamiseen. P-kehys muodostetaan edeltävän I-kehyksen tai P-kehyksen perusteella, jolloin vastaanottopäässä käytetään vastaavasti edeltävää I-kehystä tai P-kehystä yhdessä vastaanotetun P-kehyksen kanssa. P-kehysten muodostamisessa käytetään esimerkiksi liikekompensointia informaatiomäärän tiivistämiseksi. B-kehykset muodostetaan edeltävän I-kehyksen ja seuraavan P- tai I-kehyksen perusteella. Näin ollen vastaanottovaiheessa ei ole mahdollista muodostaa B-kehystä ennen kuin vastaava I-kehys ja P- tai I-kehys on vastaanotettu. Lisäksi näiden P- ja B-kehysten järjestystä yleensä muutetaan lähetysvaiheessa, jolloin B-kehystä seuraava P-kehys vastaanotetaan ensin, mikä nopeuttaa kuvan muodostamista vastaanottimessa.

Näistä kolmesta kuvatyypistä suurin tehokkuus saavutetaan B-kehysten pakkaamisella. On mainittava, että I-kehysten, P-kehysten

ja B-kehysten lukumäärä voi vaihdella kulloinkin käytetyn sovelluksen mukaan. Tässä yhteydessä on kuitenkin huomattava, että vastaanottopäässä on vastaanotettava ainakin yksi I-kehys ennen kuin on mahdollista muodostaa kunnollinen kuva vastaanottimen näyttölaitteeseen.

Liike-estimoinnin tarkoituksena on löytää videokuvasarjasta jonkin vertailukehyksen hakualueelta sellainen lohko (vertailulohko), joka on mahdollisimman samanlainen kuin annettu lohko käsiteltävänä olevassa kehyksessä (tutkittavana oleva lohko). Useiden eri liike-estimointialgoritmien joukossa suosituimpia ovat ne, jotka perustuvat sellaiseen lohkojen vertailuun, jossa kehyksen lohkojen välisenä vastaavuuskriteerinä käytetään erotusten itseisarvojen summaa (SAD). Kun on annettu kaksi järjestettyä tietosarjaa $\boldsymbol{X} = \{x_1, ..., x_K\}$ ja $\boldsymbol{Y} = \{y_1, ..., y_K\}$, erotusten itseisarvojen summa SAD määritellään seuraavasti:

$$SAD(\boldsymbol{X}, \boldsymbol{Y}) = \sum_{i=1}^{K} |x_i - y_i|, \qquad (1)$$

Joissakin julkaisuissa SAD on määritelty summaksi SAD(X,Y) jaettuna sen yhteenlaskettavien lukumäärällä K. Tällöin siitä voidaan myös käyttää nimitystä keskimääräinen virheen itseisarvo (MAE). Useimmissa tapauksissa K on kahden potenssi, jolloin nämä kaksi määritelmää ovat soveltamisen kannalta oleellisesti yhtäpitävät, koska jälkimmäinen voidaan saada yksinkertaisesti muuttamalla edellisen arvoa tietyllä bittimäärällä.

Videokoodauksen yhteydessä SAD lasketaan jokaiselle käsiteltävänä olevan inter-kehyksen (16×16) lohkolle *X* (käytännössä melkein jokaiselle videosekvenssin kehykselle) ja useille (16×16) lohkoille *Y*, *Y'* yhden tai useamman vertailukehyksen muodostamalla hakualueella (ks. kuva 9). Näin ollen erotusten itseisarvojen summaa SAD sovelletaan useita kertoja, ja pienikin parannus yhden SAD-operaation suoritusaikaan johtaa merkittäviin säästöihin videokuvan kokonaiskäsittelyajassa. Toisaalta on selvää, että erotusten itseisarvojen summan SAD laskemiseen käytettävä laitteisto ei saisi olla liian suuri tai kuluttaa

liikaa tehoa, etenkään kannettavissa/langattomissa videokuvan käsittelysovelluksissa.

On olemassa useita eri liike-estimointialgoritmeja, joissa SAD-operaatioiden lukumäärän ja/tai mittakaavan pienentämiseksi hyödynnetään eri hakustrategioita, jotka eivät mahdollisesti heikennä niin paljon koodatun videokuvan laatua. Nämä voidaan ryhmitellä karkeasti kahteen luokkaan: datariippumattomaan hakuun, jossa *X* ja *Y* -lohkojen seuraavan parin valinta ei riipu edellisessä vaiheessa saadusta SAD-arvosta, ja datariippuvaan hakuun. Datariippuvat hakustrategiat vaativat yleensä vähemmän suoritettavia SAD-operaatioita. Useimmat laitteistosovellukset perustuvat kuitenkin datariippumattomiin liike-estimointialgoritmeihin, koska näiden algoritmien avulla voidaan tyypillisesti järjestää säännöllisiä datan kulkuja yksinkertaisella tavalla. Datariippuville strategioille on yhteistä se, että on useita vaihtoehtoja valita *X* ja *Y* -lohkojen seuraava pari ja että valittava pari riippuu käsiteltävänä olevasta SAD-arvosta.

Viime aikoina tehtyjen tutkimusten mukaan eri liike-estimointialgoritmit kuluttavat noin 40–80 % videokoodaukseen kuluvasta kokonaisajasta, kun käytetään yleiskäyttöistä suoritinta (GPP). Lohkojen sovituksen liike-estimointialgoritmeissa perusoperaatio on SAD, jota sovelletaan useita kertoja videokoodausprosessin aikana. Tyypillisissä nopeissa liike-estimointialgoritmeissa SAD-laskentaa toistetaan videosekvenssin aikana noin 30 kertaa melkein jokaista lohkoa kohti (joiden koko on yleensä (16×16)). Vaikka videosekvensseissä käytettäisiin QCIF-resoluutiota (Quarter Common Intermediate Format) ja 15 kehystä sekunnissa, olisi tehtävä ainakin 44 500 kpl 256 pisteen (16×16) SAD-laskutoimitusta sekunnissa. Puhtaassa ohjelmistosovelluksessa esim. ARM9E-mikroprosessorilla, joka on tyypillinen sulautetuissa järjestelmissä käytettävä mikroprosessori, yhden 256-pisteen erotusten itseisarvojen summan laskeminen vaatii useita tuhansia kellojaksoja. Tämä merkitsee sitä, että pelkästään liike-estimointiin kuluu videokoodauksen ohjelmistosovelluksessa jopa satoja miljoonia kellojaksoja sekunnissa.

Koska ongelma on merkittävä, on viime aikoina julkaistu raportteja useista liike-estimointilaitteista. Nämä voidaan luokitella kahteen ryh-

mään: niihin, jotka tukevat jotakin hakustrategiaa liike-estimointia varten mutta eivät ota huomioon SAD-sovelluksen yksityiskohtia, ja niihin, jotka nimenomaan esittävät tiettyjä rakenteita SAD-laskentaa varten riippumatta liike-estimointistrategiasta. Esimerkiksi patentissa US 5 864 372 on esitetty laitteisto lohkovertailualgoritmin toteuttamiseksi liike-estimointia varten videokuvan käsittelyssä. Laitteisto vastaanottaa alkuperäisen kuvalohkon kuva-alkiodatan sekä useista vertailukuvalohkoista videokuvan käsittelyn aikana valitun vertailukuvalohkon kuvadatan. Valittuja kuvalohkoja verrataan liikevektorin määrittämiseksi. Laitteistossa on moniasteinen liukuhihnapuurakenne, joka käsittää neljä kerrosta. Ensimmäinen liukuhihna-aste (laskentakerros) muodostaa vastaavia pareja erotustiedoista ja etumerkkitiedoista. Toinen liukuhihna-aste (pakkauskerros) käsittää pakkausmatriisin, joka vastaanottaa kaikki erotustiedot ja etumerkkitiedot, jotka lasketaan yhteen ja joista muodostetaan kaksi (summa ja muistitermi) riviä pakattuja summa- ja etumerkkitietoja. Kolmas liukuhihna-aste (summauskerros) vastaanottaa pakatut summa- ja etumerkkitiedot ja muodostaa verratun kuvalohkon kullekin kuva-alkiolle keskimääräisen virheen itseisarvon. Viimeinen liukuhihna-aste (minimointikerros) vastaanottaa kullekin verratulle kuvalohkolle lasketun keskimääräisen virheen itseisarvon ja määrittelee niistä pienimmän keskimääräisen virheen itseisarvon. Pakkausmatriisi sisältää joukon koko- tai puolisummaimia tai joukon 4/2-pakkaimia, jotka on järjestetty monitasorakenteeksi, jossa mitään summainmuuttujan syötettä ja muistisyötettä ei ole jätetty kytkemättä.

Patenttivaatimuksen US 5 864 372 mukainen laitteisto on esitetty kuvassa 1. Ensimmäinen liukuhihna-aste koostuu useista (m) laskentayksiköistä (DS, Difference-Sign). Kuva 1 vastaa tapausta, jossa $m = 4$. Laskentayksikön rakenne on esitetty kuvassa 2. Järjestyksessä i:s laskentayksikkö, jossa $i = 1,...,m$, käsittää kaksi n-bittistä syötettä X_i ja Y_j, yhden n-bittisen tulosteen A_i sekä yhden yksibittisen tulosteen B_i. Tuloste B_i (etumerkkitieto) on erotuksen $X_i - Y_i$ merkkibitti, ja tuloste A_i (erotustieto) muodostetaan erotuksen vähiten merkitsevistä n bitistä, jotka joko ovat käänteislukuja, jos $B_i = 1$ (erotus on negatiivinen), tai eivät, jos $B_i = 0$ (erotus ei ole negatiivinen). Tällöin laskentayksikön syötteen ja tulosteen välinen suhde on sellainen, että

$$a + b = |x - y|, \qquad (2)$$

missä *x* ja *y* ovat laskentayksikön syötteen arvot, *a* on sen *n*-bittisen tulosteen (erotustiedon) arvo, ja *b* on sen 1-bittisen tulosteen (merkkitiedon) arvo.

Toinen liukuhihna-aste on pakkausmatriisi, joka on oleellisesti muistisummainpuu (*carry save adder tree*), jossa on *2m* syötettä A_i ja B_i, $i = 1,\ldots,m$, jotka tulevat ensimmäisestä liukuhihna-asteesta, ja kaksi takaisinkytkentäsyötettä itse matriisin summa- ja muistitulosteista. Pakkausmatriisi voidaan muodostaa joko kokosummaimista (FA) tai 4/2-suhdepakkaimista. Sen leveys ja syvyys (tasojen lukumäärä) ja näin ollen viive riippuvat oleellisesti ensimmäisen kerroksen rinnakkaisten kanavien (laskentayksiköiden) lukumäärästä *m*. Tämä riippuvuussuhde on esitetty taulukossa 1. Tässä taulukossa N_{FA} ja $N_{4/2}$ edustavat pakkausmatriisin tasojen lukumäärää vastaavissa kokosummaimeen ja 4/2-suhdepakkaimeen perustuvissa kokoonpanoissa. D_{FA} ja $D_{4/2}$ edustavat vastaavien pakkausmatriisikokoonpanojen arvioituja aikaviiveitä ilmaistuna perusaikaviiveyksikköinä τ yhtä kaksisyötteistä EI-JA-logiikkaporttia kohti. On huomattava, että tässä yhteydessä oletetaan, että yhdellä kokosummaimella on kahden sarjaankytketyn EI-JA-portin viive, ja yhdellä 4/2-suhdepakkainelementillä on kolmen sarjaankytketyn EI-JA-portin viive.

Kolmas liukuhihna-aste on oleellisesti summain pakkausmatriisin summa- ja muistitulosteiden lopullisten arvojen yhteenlaskemiseksi. Itse asiassa SAD saadaan kolmannen asteen tulosteesta. On huomattava, että virheettömän SAD-arvon laskemiseksi kolmannen kerroksen summaimessa olisi tarkkuuden oltava $n + \log_2 K$ bittiä (käytännössä 16 bittiä videokoodauksen yhteydessä).

m	N_{FA}	D_{FA}	$N_{4/2}$	$D_{4/2}$
4	3	6τ	2	6τ
8	5	10τ	3	9τ
16	6	12τ	4	12τ
32	8	16τ	5	15τ
64	10	20τ	6	18τ
128	11	22τ	7	21τ

Taulukko 1

Laitteiston neljäs aste on minimiarviointikerros. Joka kerta, kun kolmannessa liukuhihna-asteessa saadaan uusi SAD-arvo, sitä verrataan minimiarvon arviointiyksikössä ***M*** esillä olevaan minimi-SAD-arvoon. Pienempi arvo valitaan ja tallennetaan minimiarviointiyksikköön uudeksi minimiarvoksi. Kun SAD-laskelmat käsiteltävänä olevan kehyksen tietyn lohkon $\boldsymbol{X}^{(c)}$ ja vertailukuvan hakualueella olevien kaikkien vastaavien lohkojen $\boldsymbol{Y}^{(r,c)}$ välillä on tehty, suhteellinen siirtymä lohkon $\boldsymbol{X}^{(c)}$ ja sellaisen lohkon $\boldsymbol{Y}^{(r,c)}$ välillä, jossa on saavutettu minimi, tunnistetaan lohkon $\boldsymbol{X}^{(c)}$ liikevektoriksi.

Laitteiston toiminnan aikana syötteet $\{x_1,...,x_K\}$ ja $\{y_1,...,y_K\}$ viedään osa osalta ensimmäiseen liukuhihna-asteeseen. *t*:nnessä toimintavaiheessa, jossa $t=1,...,\lceil K/m \rceil$, tieto-osiot $\{x_{(t-1)m+1},...,x_{tm}\}$ ja $\{y_{(t-1)m+1},...,y_{tm}\}$ viedään vastaaviin syötteisiin $X_1,...,X_m$ ja $Y_1,...,Y_m$. Seuraavassa toimintavaiheessa muodostetaan laskentayksikköjen ulostuloihin vastaavat erotus- ja merkkitiedot, jotka viedään pakkausmatriisiin lisättäväksi matriisin summa- ja muistitulosteiden käsiteltävänä oleviin arvoihin. Kun $\lceil K/m \rceil+3$ toimintavaihetta on suoritettu, muodostetaan lopulliset summa- ja muistitermit pakkausmatriisin ulostuloon, ja vielä yhden toimintavaiheen jälkeen lasketaan SAD-arvo kolmannen liukuhihna-asteen summaimen ulostuloon. Minimivertailuyksikkö vaatii vielä yhden toimintavaiheen käsiteltävänä olevan liikevektorin koordinaattien valitsemiseksi.

Toimintavaiheen kesto määräytyy hitaimman liukuhihna-asteen suorituskapasiteetin mukaan. Julkaisun US 5 864 372 mukaisessa

laitteessa hitaimpana osana pidetään minimivertailuyksikköä. Kuitenkin tämä yksikkö samoin kuin kolmannen asteen summain käsittelee tiettyä syöttötietojen paria vain kahden kellojakson ajan, kun taas ensimmäiset kaksi astetta toimivat $\lceil K/m \rceil + 3$ jakson ajan. Jos K on riittävän suuri m:ään verrattuna (mikä käytännössä toteutuu), niin on edullisempaa pysäyttää kaksi ensimmäistä astetta $\lceil K/m \rceil + 3$ jakson jälkeen, kun kaksi viimeistä alkavat toimia, sen sijaan että alettaisiin välittömästi käsitellä seuraavaa syöttödataparia. Tällä tavalla kellojakson kesto määräytyy kahdesta ensimmäisestä asteesta hitaamman asteen suorituskapasiteetin mukaan.

Ensimmäisen liukuhihna-asteen suorituskapasiteetti on oleellisesti n-bittisen (8-bittisen) summaimen/vähentäjän suorituskapasiteetti. Voidaan käyttää erilaisia summaimia/vähentäjiä, jolloin saadaan eri suorituskapasiteetteja. Selityksen helpottamiseksi tässä oletetaan, että käytetään standardinmukaisia 8-bittisiä muistibitin ketjutussummaimia (*carry-ripple adder*). Julkaisussa US 5 864 372 oletetaan, että kokosummaimen viive on oleellisesti yhtä suuri kuin kahden sarjaankytketyn EI-JA-portin viive. Näin ollen laskentayksikköjen kahden peräkkäisen tulosteen välinen viive on oleellisesti yhtä suuri kuin 16τ, missä τ on peruskellojakson kesto (EI-JA-portin viive). Verrattaessa taulukon 1 pakkausmatriisin viiveeseen voidaan havaita, että ensimmäinen liukuhihna-aste on hitaampi kuin toinen niissä tapauksissa, joissa on enintään 32 laskentayksikköä ensimmäisessä liukuhihna-asteessa. Tapauksissa, joissa on useampia laskentayksiköitä (jotka ovat itse asiassa epäkäytännöllisiä, koska ne vaativat suuren piipinta-alan ja syöttöväylän leveyden), pakkausmatriisi jaetaan kahteen liukuhihna-asteeseen siten, että ensimmäinen liukuhihna-aste pysyy hitaimpana. Näin ollen laitteiston toimintavaiheen kesto on 16τ riippumatta siitä, kuinka monta laskentayksikköä ensimmäisessä liukuhihna-asteessa on. Pakkausmatriisi tulisi myös kellottaa samaan toimintavaiheeseen, vaikka se voitaisiin useimmissa käytännön tapauksissa kellottaa nopeammaksi, koska pakkausmatriisin viive on alle 16τ, kun pakkausmatriisin syötteiden lukumäärä on alle 32, kuten taulukosta 1 käy ilmi.

Tunnetun tekniikan mukaisessa laitteessa on useita epäkohtia. Laitteiston liukuhihna-asteet, erityisesti kaksi ensimmäistä kerrosta, on

tasapainotettu heikosti, koska niissä on oleellisesti eri viiveet. Niissä tapauksissa, joissa ensimmäisessä asteessa on kohtuullinen määrä rinnakkaisia laskentayksiköitä, esimerkiksi *m = 4, 8, 16*, toisen asteen pakkausmatriisi on vastaavasti 2,7, 1,6 ja 1,3 kertaa nopeampi kuin ensimmäisessä asteessa, jos laskentayksiköissä käytetään standardinmukaisia muistibitin ketjutussummaimia, kuten taulukosta 1 käy ilmi. Näin ollen laitteiston pakkausmatriisia hyödynnetään vain noin 37 %, 62,5 % ja 77 % sen kapasiteetista.

Laitteiston (kahden ensimmäisen) liukuhihna-asteen viiveiden säätäminen niiden saattamiseksi parempaan tasapainoon on mahdollista vain joko käyttämällä laskentayksiköissä nopeampia summaimia/vähentäjiä tai lisäämällä liukuhihna-asteiden lukumäärää. Kummassakin tapauksessa piipinta-ala ja virrankulutus kasvavat merkittävästi.

Pakkausmatriisin leveys ja syvyys kasvavat ensimmäisen asteen laskentayksiköiden lukumäärän mukaan (ks. taulukko 1). Koska pakkausmatriisi on nopeampi kuin laskentayksikkö, pakkausmatriisia ei tunnetuissa järjestelmissä hyödynnetä tehokkaasti. Pakkausmatriisin koon pienentäminen pienentäisi porttien lukumäärän lisäksi sen tasojen pienemmän lukumäärän ansiosta myös viivettä. Pakkausmatriisin koon pienentämismahdollisuus lisäisi myös joustavuutta kahden ensimmäisen liukuhihna-asteen säätämiseen.

Tekniikan tason mukaisissa laitteissa syöttöväylän leveys kasvaa suoraan verrannollisesti ensimmäisen asteen rinnakkaisten laskentayksiköjen mukaan, mikä rajoittaa käytännön sovellusta, koska useimmissa yleiskäyttöisissä prosessoreissa tai digitaalisissa signaaliprosessoreissa (DSP) on suhteellisen kapeat väylät kiihdyttimen kytkentää varten. Vaikka ongelma voitaisiin ratkaista järjestämällä laitteeseen syöttöpuskurit, tämä johtaisi porttien lukumäärän merkittävään lisäykseen.

Nyt esillä olevan keksinnön tarkoituksena on saada aikaan parannettu menetelmä, järjestelmä ja laitteisto liike-estimoinnin suorittamiseksi videokoodauksessa. Keksintö perustuu siihen ajatukseen, että syöttödataparit ryhmitellään ja uuden datapariryhmän erotus- ja merkkitietojen laskentaprosessi aloitetaan ennen kuin saman kuvalohkoparin

aikaisempien datapariryhmien erotus- ja merkkitiedot on kokonaan laskettu. Tämä saadaan aikaan jakamalla SAD-laskentavälineen ensimmäisen liukuhihna-asteen laskentayksiköiden joukko kahteen tai useampaan oleellisesti samanlaiseen osajoukkoon ja hajauttamalla erotus- ja merkkitietojen laskentaprosessi näiden osajoukkojen kesken. Kunkin osajoukon laskentayksiköt käyttävät samoja syöttö-/tulostuslinjoja ja toimivat ajallisesti limittäin yhden toimintavaiheen aikapoikkeamalla. Nyt esillä olevan keksinnön mukaiselle menetelmälle on tunnusomaista se, että mainittujen vertailuarvojen laskenta on limitetty siten, että data-arvoparien yhden osajoukon vertailuarvojen laskenta aloitetaan sen jälkeen, kun data-arvoparien toisen osajoukon vertailuarvojen laskenta on käynnistetty mutta ei vielä saatettu loppuun. Nyt esillä olevan keksinnön mukaiselle videokoodausjärjestelmälle on pääasiassa tunnusomaista se, että järjestelmä käsittää lisäksi välineet mainittujen vertailuarvojen laskemiseksi limittäin, käsittäen välineet data-arvoparien yhden osajoukon vertailuarvojen laskennan aloittamiseksi sen jälkeen, kun data-arvoparien toisen osajoukon vertailuarvojen laskenta on käynnistetty mutta ei saatettu loppuun. Nyt esillä olevan keksinnön mukaiselle videokoodauslaitteelle on pääasiassa tunnusomaista se, että laite käsittää välineet mainittujen vertailuarvojen laskemiseksi limittäin, käsittäen välineet data-arvoparien yhden osajoukon vertailuarvojen laskennan aloittamiseksi sen jälkeen, kun data-arvoparien toisen osajoukon vertailuarvojen laskenta on käynnistetty mutta ei saatettu loppuun.

Nyt esillä olevalla keksinnöllä on merkittäviä etuja tekniikan tason mukaisiin ratkaisuihin nähden. Pakkausmatriisissa on vähemmän syötteitä, mikä pienentää sekä porttien lukumäärää että viivettä matriisissa. Näin ollen keksinnön toteuttamiseksi vaaditaan merkittävästi pienempi kokonaispiipinta-ala kuin tunnetussa tekniikassa, kun ne molemmat käsittävät yhtä monta rinnakkaista kanavaa (ensimmäisen liukuhihna-asteen laskentayksikköä).

Keksinnön edullisessa suoritusmuodossa kaksi ensimmäistä liukuhihna-astetta on paremmin tasapainossa. Nyt esillä olevan keksinnön mukaisessa menetelmässä SAD-laskennan toimintavaiheen kesto on suunnilleen sama kuin toisen asteen viive. Tämä on paljon lyhyempi

kuin ensimmäisen liukuhihna-asteen viive, joka on heikommin sidoksissa toimintavaiheen kestoon, jos käytetään julkaisun US 5 864 372 mukaista laitetta. Vaikka toimintavaiheiden kokonaislukumäärä kasvaa, kokonaiskäsittelyaika pienenee, koska asteet ovat paremmin tasapainossa keskenään.

Pakkausmatriisin koon pieneneminen merkitsee myös sitä, että käytännössä tulee mahdolliseksi käyttää nopeampia rakenteita, joissa on useampia rinnakkaisia laskentayksiköitä.

Toinen syy, miksi nopeammat rakennetoteutukset tulevat käytännössä mahdolliseksi, on se, että syöttöväylä voidaan jakaa laskentayksiköiden joukkojen kesken. Keksinnön mukaisessa rakenteessa väylän leveys ei kasva suoraan verrannollisesti kanavien lukumäärään niin kuin tekniikan tason mukaisissa ratkaisuissa.

Laitteistoa käytetään tehokkaammin, jolloin sama suorituskapasiteetti saadaan pienemmän piipinta-alan lisäksi pienemmällä tehonkulutuksella kuin tekniikan tason mukaisella laitteistolla. Tämä voidaan saada aikaan, koska pakkausmatriisissa tarvitaan vähemmän aikaa odottaa tietoja ensimmäisestä liukuhihna-asteesta ja koska toiminnan aikana aktivoidaan vähemmän portteja.

On selvää, että keksinnön käytännön toteutuksissa voidaan vähentää SAD-laskentavälineiden porttien lukumäärää, erityisesti niissä tapauksissa, joissa ensimmäisessä liukuhihna-asteessa on suurempi laskentayksikköjen määrä *m*. Pakkausmatriisin leveys ja syvyys kasvavat oleellisesti *m*:n suhteen tekniikan tason mukaisissa laitteistoissa mutta ei nyt esillä olevan keksinnön mukaisissa SAD-laskentavälineissä. Keksinnön avulla voidaan myös vähentää toimintavaiheen kestoa ensimmäisen liukuhihna-asteen kestosta toisen liukuhihna-asteen kestoon (tai lähelle sitä), joka oli lyhyempi jo tekniikan tason mukaisessa laitteistossa mutta on vieläkin lyhyempi nyt esillä olevan keksinnön mukaisessa laitteistossa, koska pakkausmatriisin tasoja vähennetään ja sen syvyys on siis pienempi. Näin ollen keksintö vähentää sekä porttien lukumäärää että käsittelyaikaa verrattuna tekniikan tason mukaisiin ratkaisuihin. Myös syöttöväylän leveysvaatimukset pienenevät,

koska yhden joukon kaikki laskentayksiköt käyttävät yhtä ja samaa syöttöporttia. Laskentayksiköiden joukkojen lukumäärä ja laskentayksiköiden lukumäärä kussakin joukossa toimivat parametreina, jotka lisäävät joustavuutta paremman tasapainon saavuttamiseksi kahden ensimmäisen kerroksen välillä keksinnön käytännön toteutuksissa.

Keksintöä selostetaan seuraavassa tarkemmin viitaten samalla oheisiin piirustuksiin, joissa

kuva 1 esittää pelkistettynä lohkokaaviona tekniikan tason mukaista SAD-laskentavälinettä,

kuva 2 esittää pelkistettynä lohkokaaviona tekniikan tason mukaisen SAD-laskentavälineen erotus-etumerkki (Difference-Sign, DS) -yksikön rakennetta,

kuva 3 esittää pelkistettynä lohkokaaviona keksinnön mukaista SAD-laskentavälinettä,

kuva 4 esittää pelkistettynä lohkokaaviona keksinnön edullisen suoritusmuodon mukaisen SAD-laskentavälineen DS-yksikön rakennetta,

kuva 5a esittää keksinnön edullisen suoritusmuodon mukaisen SAD-laskentavälineen ensimmäisen liukuhihna-asteen syöttörekisterien toimintajaksoja ajastuskaaviona,

kuva 5b esittää keksinnön edullisen suoritusmuodon mukaisen SAD-laskentavälineen laskentayksiköiden toimintajaksoja ajastuskaaviona,

kuva 5c esittää keksinnön edullisen suoritusmuodon mukaisen SAD-laskentavälineen ensimmäisen liukuhihna-asteen kanavointilaitteiden toimintajaksoja ajastuskaaviona,

kuva 6 esittää keksinnön edullisen suoritusmuodon mukaista SAD-laskentavälinettä pelkistettynä lohkokaaviona,

kuva 7 esittää keksinnön edullisen suoritusmuodon mukaista tiedonsiirtolaitetta pelkistettynä lohkokaaviona,

kuva 8 esittää keksinnön edullisen suoritusmuodon mukaista videokuvan siirtojärjestelmää pelkistettynä lohkokaaviona, ja

kuva 9 esittää menetelmää videokuvan liike-estimoinnin suorittamiseksi videokoodauksessa.

Keksintöä selostetaan seuraavassa yleistapauksena, jossa oletetaan olevan K paria n-bittistä syöttötietoa, vaikka yleisimässä tapauksessa videokoodauksen yhteydessä $K = 256$ ja $n = 8$. On huomattava, että erotusten itseisarvojen summaa voidaan käyttää videokoodauksen lisäksi muissakin sovelluksissa, kuten lääketieteellisessä kuvantamisessa, tutkakuvantamisessa ja muissa signaalinkäsittelytehtävissä, joissa suoritetaan kuvion tunnistamista reaaliajassa (EKG-laitteissa, sydämen toimintaa rekisteröivissä ICD-laitteissa (implantable cardioverter defibrillator), äänenkäsittelyssä, jne).

Kuvassa 9 on esitetty menetelmä videokuvan liike-estimoinnin suorittamiseksi videokoodauksessa. Kuvassa 9 on selvyyden vuoksi esitetty vain kaksi kehystä FR1, FR2. Koodattava kehys FR1 käsittää yhden tai useampia lohkoja X, jotka sisältävät kuva-alkioarvoja $X_{i,j}$, joista on esitetty vain muutamia. Vertailukehyksestä FR2 on määritelty hakualue S. Hakualue S määrittelee alueen, jossa suoritetaan vertailua koodattavan kehyksen FR1 esillä olevan lohkon X ja vertailukehyksen FR2 vertailulohkon Y välillä. On kuitenkin selvää, että joissakin suoritusmuodoissa on mahdollista käyttää hakualueena S vertailukehyksen FR2 koko aluetta. Menetelmässä valitaan yksitellen vertailulohko Y, Y', jota verrataan esillä olevaan lohkoon X. Hakuprosessia jatketaan, kunnes koko hakualue S on tutkittu tai jos jokin muu haun päättämiseen määritelty ehto täyttyy. Hakua selostetaan seuraavassa tarkemmin.

Kuvassa 3 on esitetty keksinnön edullisen suoritusmuodon mukainen SAD-laskentaväline 1. Se käsittää neljä liukuhihna-astetta P1, P2, P3,

P4, jotka ovat paremmin tasapainossa keskenään kuin tekniikan tason mukaiset kaksi ensimmäistä liukuhihna-astetta P1, P2. Tämä saavutetaan järjestämällä ensimmäisen liukuhihna-asteen P1 laskentayksiköt 2 (DS) ryhmiin 3. Ensimmäinen liukuhihna-aste koostuu $m = sp$ laskentayksiköstä 2 ($DS_{1,1},\ldots,DS_{1,p}$, $DS_{2,1},\ldots,DS_{2,p}$,...,$DS_{s,1},\ldots$, $DS_{s,p}$), jotka ryhmitellään s ryhmään, joista kukin käsittää p laskentayksikköä. Ryhmän 3 kukin laskentayksikkö 2 käyttää samoja syötteitä X_1, Y_1; X_2, Y_2;...; X_S, Y_S; mutta eri kellojaksoissa. Ryhmien 3 laskentayksiköiden 2 tulosteet kytketään kahden kanavointilaitteen 4, 5 syötteisiin siten, että laskentayksikön 2 n-bittinen syöte kytketään ensimmäisen kanavointilaitteen 4 yhteen n-bittiseen syötteeseen ja laskentayksikön 2 1-bittinen syöte kytketään toisen kanavointilaitteen 5 yhteen 1-bittiseen syötteeseen. Ensimmäiset kanavointilaitteet 4 käsittävät p kpl n-bittisiä syötteitä ja yhden n-bittisen tulosteen. Vastaavasti toiset kanavointilaitteet 5 käsittävät p kpl 1-bittisiä syötteitä ja yhden 1-bittisen tulosteen. Tämän järjestelyn ansiosta voidaan toisen kerroksen P2 pakkausmatriisin 6 tasojen lukumäärää vähentää. Yhden ryhmän 3 laskentayksiköt 2 toimivat noin yhden toimintavaiheen aikapoikkeamalla, jolla on kesto T_p, joka on nyt suunnilleen yhtäsuuri kuin pakkausmatriisin viive. Vastaavasti laskentayksiköiden 2 tulosteisiin muodostetaan merkki- ja erotustiedot, joiden aikapoikkeama on myös suunnilleen yhden toimintavaiheen kesto. Yhden ryhmän 3 kaikkien laskentayksiköiden 2 tulosteparit kytketään pakkausmatriisin 6 yhteen syötepariin kanavointilaitteiden 4, 5 avulla siten, että laskentayksikön 2, joka on juuri laskenut merkki- ja erotustiedot, jokainen toimintavaihe kytketään pakkausmatriisiin 6. Näin ollen pakkausmatriisi vastaanottaa ja kerää kussakin toimintavaiheessa uuden merkki- ja erotustietoosuuden, vaihdellen kunkin ryhmän 3 eri laskentayksiköiden 2 välillä.

Toimintavaiheen kesto T_p on suunnilleen yhtä suuri kuin tunnetun tekniikan tason mukaisen laitteen ensimmäisen asteen viive, jolloin käyttämällä keksinnön mukaista SAD-laskentavälinettä 1 voidaan käsittelyaikaan saada merkittävä parannus.

Kuvassa 4 on esitetty ensimmäisen liukuhihna-asteen P1 laskentayksikön 2 yksi edullinen suoritusmuoto, mutta on selvää, että keksinnön yhteydessä voidaan käyttää muitakin laskentayksikön 2 suoritus-

muotoja. Kussakin laskentayksikössä 2 ($DS_{i,j}$, $i = 1,...,s$, $j = 1,...,p$) on kaksi syötettä $X_{i,j}$ ja $Y_{i,j}$, yksi n-bittinen tuloste $A_{i,j}$ ja yksi 1-bittinen tuloste $B_{i,j}$ siten, että syötteiden ja tulosteiden välinen suhde on sama kuin julkaisun US 5 864 372 mukaisessa laitteistossa. Tässä yhteydessä oletetaan, että kunkin laskentayksikön 2 suorituskapasiteetti on p toimintavaihetta kutakin syötedataparia kohti. Laskentayksikkö 2 käsittää summainen 16, jossa on kaksi n-bittistä tietosyötettä A, B, yksi n-bittinen tietotuloste S, siirtobittitulo CI ja siirtobittilähtö CO. Ensimmäisen tietosarjan X arvot syötetään ensimmäiseen tietosyöttöön A ja toisen tietosarjan Y arvot syötetään kääntöpiirin 17 kautta toiseen tietosyöttöön B. Kääntöpiiri 17 muodostaa toisen tietosarjan arvoille vastaluvun. Sisäänmenomuisti CI asetetaan loogiseen arvoon 1, jolloin summain 16 laskee tietosyötteiden arvojen erotuksen X–Y. Laskentayksikkö 2 käsittää lisäksi ehdottoman TAI-yksikön 18, joka muuntaa summainen 16 ulostulon S bitit niiden vastaluvuiksi, jos ulostulomuisti CO on asetettu eli laskettu erotus on negatiivinen ($X<Y$). Muutoin TAI-yksikkö 18 jättää summaimen 16 ulostulon S ennalleen, eli laskettu erotus ei ole negatiivinen ($X \geq Y$). Ulostulomuistin signaalia käytetään merkkiarvona, ja TAI-yksikön 18 ulostuloa käytetään erotusarvona. On selvää, että ensimmäisessä liukuhihna-asteessa voidaan käyttää laskentayksiköiden 2 muitakin suoritusmuotoja.

Kuten edellä on mainittu, SAD-laskentavälineessä 1 on s paria n-bittisiä syötteitä, ja i:nnen ryhmän kaikki laskentayksiköt $DS_{i,1},...,DS_{i,p}$ käyttävät samaa i:ttä paria (X_i, Y_i), kun $i = 1,...,s$. SAD-laskentavälineen 1 syötepari (X_i, Y_i), jossa $i = 1,...,s$, kytketään syöttörekisterien 7 kautta i:nnen ryhmän kuhunkin laskentayksikköön $DS_{i,j}$, jossa $j = 1,...,p$. Kukin näistä ensimmäisen liukuhihna-asteen syöttörekistereistä 7 on avoinna vain SAD-laskentayksikön 1 joka p:nnen toimintajakson aikana. Tämä on esitetty kuvassa 5a ajastuskaaviona. Tällä tavoin kussakin toimintavaiheessa SAD-laskentavälineen 1 kukin syötepari (X_i, Y_i), jossa $i = 1,...,s$, kytketään itse asiassa vain yhden laskentayksikön syötepariin $(X_{i,j}, Y_{i,j})$, kun muut kytkennät ovat inaktiivisia, koska ensimmäisen liukuhihna-asteen vastaavat syöttörekisterit on suljettu kirjoitukselta. Ensimmäisen liukuhihna-asteen syöttörekisterit ovat kunkin ryhmän $i = 1,...,s$ ensimmäisen laskentayksikön DS_i syötteen kohdalla avoinna ensimmäisen p toimintavaiheesta aikana,

ensimmäisen liukuhihna-asteen syöttörekisterit ovat kunkin ryhmän toisen laskentayksikön $DS_{i,2}$ kohdalla avoinna toisen p toimintavaiheesta aikana, jne. Yleisesti toimintavaiheessa $t = 1,2,...,\lceil K/s \rceil$ SAD-laskentavälineen 1 syötepari (X_i, Y_i), jossa $i = 1,...,s$, kytketään itse asiassa i:nnen laskentavälineryhmän u:nnen laskentayksikön $DS_{i,u}$ syöterekistereihin, jossa $u = (t-1) \bmod p + 1$. Näin ollen i:s laskentavälineryhmä käyttää SAD-laskentavälineen 1 kutakin syöteparia (X_i, Y_i), jossa $i = 1,...,s$, samassa tilassa mutta eri aikaan.

Keksinnön mukaisen SAD-laskentavälineen 1 toiminnan aikana tietosarjat $\boldsymbol{X} = \{x_1,...,x_K\}$ ja $\boldsymbol{Y} = \{y_1,...,y_K\}$ syötetään osa kerrallaan SAD-laskentavälineen 1 syötteisiin. t:nnessä toimintavaiheessa, jossa $t = 1,...,\lceil K/s \rceil$, dataosat $\{x_{(t-1)s+1},...,x_{ts}\}$ ja $\{y_{(t-1)s+1},...,y_{ts}\}$ syötetään vastaavasti syötteisiin $X_1,...,X_s$ ja $Y_1,...,Y_s$ ja ensimmäisen liukuhihna-asteen vastaavien syöttörekisterien kautta laskentayksiköiden $DS_{1,u},...,DS_{s,u}$ syötteisiin $X_{1,u},...,X_{s,u}$ ja $Y_{1,u},...,Y_{s,u}$ $(u = (t-1) \bmod p + 1)$ yhden toimintavaiheen jälkeen. Kyseistä syöttötieto-osaa vastaava erotustieto $\{a_{(t-1)s+1},...,a_{ts}\}$ ja merkkitieto $\{b_{(t-1)s+1},...,b_{ts}\}$ $(a_i + b_i = |x_i - y_i|)$ muodostetaan laskentayksiköiden 2 ulostuloihin viiveellä, joka on noin p toimintavaihetta (eli toimintavaiheen $t + p + 1$ jälkeen). Tämä on esitetty kuvassa 5b ajastuskaaviona.

Laskentayksiköiden 2 tulosteet kytketään n-bittiseen $p...1$ kanavointilaitteeseen 4 tai yksibittiseen $p...1$ kanavointilaitteeseen 5. i:nnen ryhmän kaikkien laskentayksiköiden $DS_{i,j}$, jossa $j = 1,...,p$ ja $i = 1,...,s$, tulosteet $A_{i,j}$, jossa $j = 1,...,p$, on kytketty n-bittisen $p...1$ kanavointilaitteen 4 syötteisiin (n-MUX$_i$), jolloin kanavointilaitteella 4 on yksi ainoa n-bittinen tuloste A_i. Vastaavasti i:nnen ryhmän kaikkien laskentayksiköiden $DS_{i,j}$, jossa $j = 1,...,p$ ja $i = 1,...,s$, tulosteet $B_{i,j}$, jossa $j = 1,...,p$, on kytketty 1-bittisen $p...1$ kanavointilaitteen 5 syötteisiin (1-MUX$_i$), jolloin kanavointilaitteella 5 on yksi ainoa 1-bittinen tuloste B_i. Kanavointilaitteet 4, 5 päästävät signaalit niiden sisäänmenoista niiden ulostuloihin kiertävän *mod p* -säännön mukaan siten, että toimintavaiheessa $t + p + 1$, $t = 1,2,...,\lceil K/s \rceil$, kanavointilaite n-MUX$_i$, 1-MUX$_i$ kytkee ryhmän u:nnen laskentayksikön $DS_{i,u}$ $(u = (t-1) \bmod p + 1)$, jossa $i=1,...,s$, kanavointilaitteen ulostuloon. Edellä

esitetyistä tarkasteluista voidaan päätellä, että toimintavaiheissa $t+p+1$, jossa $t=1,2,...,\lceil K/s \rceil$, juuri laskentayksiköt $DS_{i,u}$ $(u=(t-1)\bmod p+1)$ ovat suorittaneet dataosia $\{x_{(t-1)s+1},...,x_{ts}\}$ ja $\{y_{(t-1)s+1},...,y_{ts}\}$ vastaavien erotus- ja merkkitietojen laskennan. Näin ollen kanavointilaitteet 4, 5 toimivat edullisesti siten, että kun toimintavaihe $t+p+1$, jossa $t=1,2,...,\lceil K/s \rceil$, päättyy, merkki- ja erotustiedot $\{b_{(t-1)s+1},...,b_{ts}\}$ siirretään kanavointilaitteiden 4, 5 ulostuloihin. Tämä on esitetty ajastuskaaviona kuvassa 5c.

Kanavointilaitteiden 4, 5 ulostulot on kytketty ensimmäisen liukuhihna-asteen ulostulorekisterien 8 kautta toisen liukuhihna-asteen P2 sisäänmenoihin. Toinen liukuhihna-aste P2 on pakkausmatriisi 6, jossa on *s* kpl sisäänmenoja ensimmäisestä liukuhihna-asteesta P1 (päinvastoin kuin tekniikan tason mukaisissa laitteissa, joissa on $m = ps$ sisäänmenoa) ja kaksi takaisinkytkentää sen summain- 9 ja muisti-ulostulosta 10. Pakkausmatriisi 6 päivittää summain- ja muistitermiensä arvot jokaisessa toimintavaiheessa kokoamalla merkki- ja erotustiedot kanavointilaitteiden 4, 5 ulostuloista. Tässä yhteydessä oletetaan, että pakkausmatriisin viive on suunnilleen yhtä suuri kuin SAD-laskenta-välineen toimintavaiheen kesto. Summaus aloitetaan toimintavaiheesta $p+2$, kun ensimmäiset merkki- ja erotustieto-osuudet ovat käytettävissä kanavointilaitteiden 4, 5 ulostuloissa, toimintavaiheen loppuun. Kun kaikkien arvoparien summaus on suoritettu, pakkausmatriisi 6 käsittää merkki- ja erotustiedot.

Toisessa liukuhihna-asteessa P2 on myös ulostulorekisterejä 11, jotka tallentavat väliaikaisesti pakkausmatriisin 6 laskemat summain- ja muistitermiarvot. Tämä on välttämätöntä synkronoidun limittäiskello-ajastuksen ohjaamiseksi asianmukaisella tavalla. Ulostulorekistereitä 11 käytetään myös summain- ja muistitermien tallennukseen ja näiden termien syöttämiseen takaisin pakkausmatriisiin 6, jossa ne summataan seuraavassa toimintavaiheessa.

Toisen liukuhihna-asteen P2 pakkausmatriisi 6 on edullisesti tallennus-summainpuu, joka muodostuu joko kokosummaimista (FA) tai 4/2-suhdepakkaimista, jotka ovat sinänsä tunnettuja. Puulla voi olla eri

rakenteita. Erityisesti voidaan käyttää tekniikan tason mukaisia rakenteita. Nyt esitetty rakenne eroaa tekniikan tasosta pääasiassa siinä, että pakkausmatriisissa on vain $s = mp$ (eikä m) n-bittistä ja yhtä monta yksibittistä syötettä sen lisäksi, että pakkausmatriisista 6 itsestään saadaan summain- 9 ja muistitulosteista 10 kaksi takaisinkytkentäsyötettä. Näin ollen nyt esillä olevan keksinnön edullisen suoritusmuodon mukaisessa SAD-laskentavälineessä 1, jossa on m laskentayksikköä 2 ensimmäisessä liukuhihna-asteessa P1, voidaan käyttää oleellisesti samanlaista pakkausmatriisia kuin sellaisissa tekniikan tason mukaisissa laitteissa, jotka on rakennettu ainoastaan $s = m/p$ laskentayksikön tapausta varten. Lisäksi laskentamatriisitulosteista 9, 10 saadut takaisinkytkennät voidaan kytkeä ensimmäisen tason lisäksi sen mihin tahansa tasoon.

Koska laskentamatriisissa 6 on vähemmän syötteitä, se voidaan rakentaa käyttäen pienempää lukumäärää kokosummaimia tai 4/2-suhdepakkaimia verrattuna tekniikan tason mukaisiin laitteisiin, joissa on sama määrä laskentayksikköjä 2. Pakkausmatriisissa 6 on myös vähemmän tasoja, minkä ansiosta viive on lyhyempi. Nyt esillä olevan keksinnön edullisen suoritusmuodon mukaisen SAD-laskentavälineen toimintavaiheen kesto eli perustoimintakelloaikayksikkö T_p määritellään pakkausmatriisin 6 viiveenä, jos parametrit p ja s valitaan oikein.

Edellä esitetyistä tarkasteluista voidaan havaita, että toimintavaiheita, jotka vaaditaan, jotta voidaan laskea kahden m kpl näytteitä sisältävän tietosarjan välisten erotusten itseisarvojen summan summain- ja muistitermit, on yhteensä lukumäärä

$$T_{total} = (\lceil K / s \rceil + p + 2)T_p, \qquad (3)$$

sekä julkaisun US 5 864 372 mukaisessa laitteessa, jossa $s = m$, että keksinnön mukaisessa SAD-laskentavälineessä 1, mutta toimintavaiheen kesto T_p on lyhyempi keksinnön mukaisessa SAD-laskentavälineessä 1 kuin julkaisun US 5 864 372 mukaisessa laitteessa. On myös selvää, että keksinnön mukaisen SAD-laskentavälineen 1

toteuttamiseksi vaadittava piiripinta-ala on myös pienempi kuin julkaisun US 5 864 372 mukaisen laitteen pinta-ala, koska pakkausmatriisi on kapeampi ja siinä on vähemmän tasoja.

Kolmas liukuhihna-aste P3 käsittää summaimen 12, joka summaa lasketut summa- ja muistitermit ja muodostaa tarkasteltavana olevan lohkon ja esillä olevan vertailulohkon välisten erotusten itseisarvojen summan. On myös mahdollista, että summain 12 laskee esim. keskimääräisen virheen itseisarvon (MAE) jakamalla virheiden itseisarvojen summan SAD(X,Y) sen yhteenlaskettavien lukumäärällä K, kuten tässä hakemuksessa on edellä kuvattu. Neljännen liukuhihna-asteen P4 minimivertailuyksikössä 13 uusinta laskentatulosta verrataan aiemmin laskettujen tulosten pienimpään SAD-arvoon. Jos uusin laskentatulos on pienempi kuin aiemmin löydetty pienin SAD-arvo, pienin SAD-arvo korvataan uusimmalla laskentatuloksella. Minimivertailuyksikössä 13 on välineet 14 pienimmän SAD-arvon tallentamiseksi esim. muistivälineisiin. Aloitettaessa tarkasteltavan lohkon SAD-laskentaa asetetaan pienin SAD-arvo suureen oletusarvoon, jotta varmistetaan, että ensimmäinen laskentatulos tallennetaan pienimmäksi SAD-arvoksi, koska ei ole mitään aiemmin laskettua arvoa, johon tarkasteltavaa lohkoa voitaisiin verrata.

Vertailuvaiheen jälkeen tässä keksinnön edullisessa suoritusmuodossa tutkitaan, käytetäänkö kaikkia vertailulohkoja tarkasteltavana olevan lohkon SAD-arvojen laskemiseen. Jos on vielä olemassa ainakin yksi vertailulohko, jota ei ole vielä käytetty nyt esillä olevan lohkon SAD-arvon laskemiseen, edellä kuvattu menettely toistetaan. Muussa tapauksessa löydettyä pienintä SAD-arvoa käytetään videokoodausprosessin myöhemmissä vaiheissa sen määrittämiseksi, koodataanko esillä oleva lohko sellaisenaan vai liikekompensoituna. Minimivertailuyksikkö 13 määrittelee sen lohkon koordinaatit, joka tuotti esillä olevalle lohkolle pienimmän SAD-arvon, ja siirtää koordinaattitiedon ja pienimmän SAD-arvon päätöksentekovälineisiin 15. Päätöksentekovälineissä 15 pienintä SAD-arvoa tutkitaan sen määrittämiseksi, koodataanko nyt esillä oleva lohko sellaisenaan vai liikekompensoituna. Päätöksentekovälineet 15 voivat esimerkiksi estimoida, minkä verran dataa tarvitaan lohkon siirtämiseksi ja minkä verran dataa tarvitaan

liikekompensoidun datan siirtämiseksi. Tämän jälkeen päätöksentekovälineet 15 edullisesti valitsevat sen vaihtoehdon, joka vaatii vähemmän tiedonsiirtokapasiteettia.

Tilanteessa, jossa siirrettäväksi valitaan liikekompensoitu tieto itse lohkon asemesta, siirrettävät tiedot käsittävät edullisesti ainakin koordinaattitietoa ja erotusdataa. Koordinaattidataa käytetään ilmoittamaan dekooderille, mitä aikaisemmin vastaanotettua ja dekoodattua vertailulohkoa käytettiin liikevektorin muodostamiseen. Erotusdata on esillä olevan lohkon ja vertailulohkon vastaavien kuva-alkioarvojen välinen erotus. Dekooderi voi tällöin muodostaa esillä olevan lohkon kuvadatan käyttämällä mainittua vertailulohkoa, joka on korjattu erotusdatalla.

Seuraavassa selostetaan parametrien *s* ja *p* valintaa. Ensimmäisessä esimerkissä ensimmäisen liukuhihna-asteen P1 laskentayksiköiden 2 kokonaislukumäärä oletetaan vakioksi. Tässä esimerkissä ensimmäisen liukuhihna-asteen P1 laskentayksiköiden 2 lukumäärä on kahdeksan ($m = 8$). Tällöin on useita mahdollisuuksia valita parametrit *p* ja *s*, kuten on pääkohdittain esitetty taulukoissa 2 ja 3, jotka vastaavat kahta tapausta, joissa pakkausmatriisin 6 muodostamiseen käytetään kokosummaimia (FA) tai 4/2-suhdepakkaimia. Näissä taulukoissa N_{FA} on vastaavan pakkausmatriisin 6 tasojen lukumäärä, G_{total} on SAD-laskentayksikön 1 kahden ensimmäisen liukuhihna-asteen P1, P2 porttien kokonaislukumäärä (liukuhihnarekisterejä ei lasketa), D_{FA} on pakkausmatriisin viive, ja T_p ja T_{total} ovat samoja kuin yhtälössä (3). Taulukoiden viimeisissä sarakkeissa on esitetty pakkausmatriisin 6 suhteellinen hyödyntämisaika. Lukumäärä G_{total} ilmaistaan summana $G_{total} = G_{DS} + G_{MUX} + G_{CA}$, jossa yhteenlaskettavat edustavat kanavointilaitteiden 4, 5 laskentayksiköiden 2 ja pakkausmatriisin 6 vastaavia porttilukumääriä. Nämä luvut on laskettu käyttäen arvioita peruskomponenttien porttilukumääristä vastaavina EI-JA-portteina, joista on esitetty yhteenveto taulukossa 4.

Taulukoiden 2 ja 3 ensimmäiset rivit vastaavat patentin US 5 864 372 mukaista laitetta, joka vastaa tapausta, jossa $p = 1$. Näiden taulukoiden toisilla riveillä esitetty rakenne on havainnollistettu kuvassa 6. Muita tapauksia vastaavat rakenteet saadaan vastaavalla tavalla. Kuten

seuraavista taulukoista käy ilmi, sekä porttien lukumäärä että käsittelynopeus pienenevät, kun *p*:n arvo kasvaa.

P	s	N_{FA}	$G_{DS}+G_{MUX}+G_{CA}$ = G_{total}	D_{DS}	D_{FA}	T_p	$T_{total} = (\lceil K/s \rceil + p + 2)T_p$	**tieto-kone-avustei-nen** käyttö
1	8	5	656+0+517 =1173	16τ	10τ	16τ	$\left(\frac{256}{8}+3\right)16\tau = 560\tau$	$\approx 62.5\%$
2	4	3	656+81+269 =1006	8τ	6τ	8τ	$\left(\frac{256}{4}+4\right)8\tau = 544\tau$	$\approx 75\%$
4	2	2	656+90+126 =872	4τ	4τ	4τ	$\left(\frac{256}{2}+6\right)4\tau = 536\tau$	$\approx 100\%$
8	1	1	656+113+88 =857	2τ	2τ	2τ	$(256+10)\cdot 2\tau = 532\tau$	$\approx 100\%$

Taulukko 2

P	s	N_{FA}	$G_{DS}+G_{MUX}+G_{CA}$ = G_{total}	D_{DS}	$D_{4/2}$	T_p	$T_{total} = (\lceil K/s \rceil + p + 2)T_p$	**tieto-kone-avustei-nen** käyttö
1	8	3	656+0+423 =1079	16τ	9τ	16τ	$\left(\frac{256}{8}+3\right)16\tau = 560\tau$	$\approx 56.2\%$
2	4	2	656+81+218 =955	8τ	6τ	8τ	$\left(\frac{256}{4}+4\right)8\tau = 544\tau$	$\approx 75\%$
4	2	1	656+90+123 =869	4τ	3τ	4τ	$\left(\frac{256}{2}+6\right)4\tau = 536\tau$	$\approx 75\%$

Taulukko 3

EI-JA	Kääntö-piiri	TAI	FA	HA	4/2-suhde pakkaus	2 → 1 MUX	4 → 1 MUX	8 → 1 MUX
1	0.75	2.5	7	4	11	2.25	5	12.5

Taulukko 4

Toisessa esimerkissä oletetaan, että syöttöväylän leveys on rajoitettu esim. 64 bittiin tilanteessa, jossa SAD-laskentaväline 1 integroidaan järjestelmään (mutta toimii kuitenkin omalla kellollaan). Jos ei käytetä mitään puskurointia tai muuta tekniikkaa (joka kuitenkin lisää porttien lukumäärää), DS-yksiköiden lukumäärän yläraja ensimmäisessä liukuhihna-asteessa on *m = 4 (s = 4, p = 1)* patentin US-5 864 372 mukaisessa laitteessa. Laitteiston pakkausmatriisi on muistisummainpuu, jossa on neljä *n*-bittistä, neljä *1*-bittistä ja kaksi *(2n-1)*-bittistä syötettä. Taulukosta 1 voidaan nähdä, että pakkausmatriisin viive on 6τ, kun taas ensimmäisen liukuhihna-asteen suorituskapasiteetti on 6τ, mikä heikentää kerrosten välistä tasapainoa. Nyt esillä oleva keksinnön ansiosta voidaan kuitenkin ensimmäisen asteen DS-yksiköiden lukumäärää lisätä arvoon *m = 16 (s=4, p=4)*, ja silti voidaan käyttää samaa pakkausmatriisia kuin patenttivaatimuksen US 5 864 372 mukaisessa laitteistossa. Taulukossa 5 on esitetty yhteenvetona tuloksena saatujen *p*:stä riippuvaisten rakenteiden pinta-ala/aikaominaisuudet (ensimmäinen rivi, jossa *p = 1*, vastaa patentin US 5 864 372 mukaista laitteistoa). Tässä esimerkissä on käytetty kokosummaimiin perustuvia pakkausmatriiseja. Kuten taulukosta voidaan havaita, kahden ensimmäisen liukuhihna-asteen P1, P2 kokonaiskäsittelyaikaa voidaan lyhentää 2,59:llä, kun syöttöväylän leveys pidetään samana, käyttämällä keksintöä, jossa *p = 3*, patentin US 5864 372 mukaisen laitteiston asemesta (*p = 1*). Luonnollisesti myös porttiluku kasvaa melkein suoraan verrannollisesti (2,37 kertaa). Parametrin *p* arvon kasvattaminen edelleen ei välttämättä johda parannukseen, koska ensimmäinen liukuhihna-aste P1 tulee tällöin tarpeettomasti nopeammaksi kuin pakkausmatriisi 6.

p	$G_{DS}+G_{MUX}+G_{CA}=G_{total}$	D_{DS}	D_{FA}	T_p	$T_{total}=(\lceil K/s\rceil+p+2)T_p$
1	328+0+269 =597	16τ	6τ	16τ	$\left(\frac{256}{4}+3\right)16\tau=1072\tau$
2	656+81+269 =1006	8τ	6τ	8τ	$\left(\frac{256}{4}+4\right)8\tau=544\tau$
3	984+162+269 =1415	6τ	6τ	6τ	$\left(\frac{256}{4}+5\right)6\tau=414\tau$
4	1312+180+269 =1761	4τ	6τ	6τ	$\left(\frac{256}{4}+6\right)6\tau=420\tau$

Taulukko 5

Lisäparannus on mahdollinen jakamalla pakkausmatriisi 6 kahteen liukuhihna-asteeseen ja lyhentämällä takaisinkytkentäpiiriä. Nyt esillä olevan keksinnön tapauksessa tämä on hyödyllistä kaikissa tapauksissa, missä laskentayksiköiden 2 lukumäärä p niiden kussakin ryhmässä 3 kasvaa niin suureksi, että ensimmäinen kerros P1 tulee nopeammaksi kuin toinen kerros P2 (pakkausmatriisi 6). Taulukon 5 viimeinen rivi vastaa esimerkkiä, jossa tällainen järjestely voisi olla käyttökelpoinen. Tässä tapauksessa pakkausmatriisi voitaisiin jakaa kahteen liukuhihna-asteeseen, joista kumpikin on pakkausmatriisi, jossa on neljä syötettä ja jolla on näin ollen 4τ:n viive, joka olisi näin ollen toimintavaiheen kesto. Tällöin aika T_{total}, joka kuluu SAD:n lopullisten summain- ja muistitermien löytämiseen toisen pakkausmatriisin ulostulossa, lyhenisi arvoon $T_{total}=\left(\left\lceil\frac{K}{s}\right\rceil+p+3\right)=\left(\frac{256}{4}+7\right)4\tau=284\tau$ (3,77 kertaa nopeampi kuin patentin US 5 864 372 mukaisessa laitteistossa).

Keksinnön mukaisen SAD-laskentayksikön 1 parametrit *s* ja *p* voidaan valita siten, että kokonaissuoritus on käytännön toteutuksissa optimaalinen.

Seuraavaksi selostetaan edullisen suoritusmuodon mukaista videokuvan siirtojärjestelmää viittaamalla kuvan 8 lohkokaavioon. Siirrettävä videosignaali otetaan esim. videokameralla 19, tai se voidaan saada videotallennusvälineistä (ei esitetty), kuten videonauhoittimesta, digitaaliselta levykkeeltä tms. Videosignaali siirretään kooderiin 20, joka suorittaa videosignaalin koodauksen, mukaanlukien nyt esillä olevan keksinnön mukaisen liike-estimoinnin. Tämän jälkeen koodattu videosignaali tarvittaessa kanavakoodataan kanavakoodaimessa 21. Kanavakoodauksen tarkoituksena on siirtää koodattu videosignaali sopivaan muotoon siirrettäväksi siirtokanavan 22 välityksellä. Kanavakoodauksen yksityiskohdat voivat vaihdella videokoodausjärjestelmän eri toteutuksissa, ja ne ovat alan asiantuntijan tuntemia.

Kanavakoodatun videosignaalin kanavakoodaus puretaan vastaanottimen kanavadekooderissa 23. Tämän jälkeen dekooderi 24 purkaa videosignaalin koodauksen muodostaakseen videosignaalin, jonka pitäisi oleellisesti vastata alkuperäistä signaalia. Käytännössä on kuitenkin joitakin mahdollisia virhelähteitä, jotka voivat vaikuttaa siirrettyyn videosignaaliin, jolloin videosignaali, jonka koodaus on purettu, voi erota alkuperäisestä videosignaalista. Tällaisten siirtovirheiden vaikutusten minimoimiseksi on kehitetty virheenkorjausmekanismeja.

Videosignaali, jonka koodaus on purettu, voidaan tämän jälkeen näyttää videomonitorissa 25 ja/tai se voidaan tallentaa tallennusvälineisiin 26.

Kuvassa 7 on esitetty pelkistettynä keksinnön edullisen suoritusmuodon mukainen videokoodauslaitteisto 27. Kyseinen päätelaite soveltuu sekä lähetykseen että vastaanottoon, mutta keksintöä voidaan myös soveltaa yksisuuntaisten päätelaitteiden yhteydessä. Videokoodauslaitteistoissa 27 eivät kaikki kuvan 7 lohkokaaviossa esitetyt toiminnalliset ominaisuudet ole välttämättömiä, vaan keksinnön puit-

teissa on myös mahdollista soveltaa yksinkertaisempia videokoodauslaitteistoja 27, esimerkiksi ilman näppäimistöä 28 ja audiovälineitä 29. Mainittujen näppäimistön 28 ja audiovälineiden 29 lisäksi videopäätelaite käsittää myös videovälineet, kuten videomonitorin 25, videokameran 19 tai vastaavan.

Videokoodauslaitteistossa 27 on sen toimintojen ohjaamiseksi ohjausyksikkö 38, joka käsittää esimerkiksi mikro-ohjainyksikön (MCU), mikroprosessorin (MPU), digitaalisen signaaliprosessorin ja/tai vastaavan. Lisäksi ohjausyksikkö 30 käsittää muistivälineet 34 esim. sovellusohjelmien ja tietojen tallennusta varten ja väyläsovitinvälineet I/O signaalien lähettämiseksi ohjausyksikön 30 ja muiden toimintalohkojen välillä. Videokoodauslaitteisto 27 käsittää myös videokoodekin 32, joka suorittaa videoinformaation koodausta/koodauksen purkua sekä pakkaamista/pakkauksen purkua. Pakkaaminen perustuu esim. DCT-muunnokseen ja kvantisointiin, jolloin pakkauksen purkuvaiheessa vastaanotetun informaation kvantisointi puretaan ja sille tehdään käänteinen DCT-muunnos, mikä on sinänsä tunnettua. Kanavakoodekki 33 suorittaa siirrettävän informaation kanavakoodauksen ja vastaanotetun informaation kanavakoodauksen purkamisen. Kanavakoodatun videosignaalin siirto voidaan suorittaa esim. matkaviestinvälineillä 31.

On selvää, että nyt esillä oleva keksintö ei rajoitu pelkästään edellä esitettyihin suoritusmuotoihin vaan sitä voidaan muunnella oheisten patenttivaatimusten puitteissa.

Patenttivaatimukset:

1. Menetelmä videokuvan liike-estimoinnin suorittamiseksi videokoodauksessa, jossa videosignaali koostuu kehyksistä (FR1, FR2), videokehykset käsittävät lohkoja (X, Y, Y'), ja muodostetaan yhdistetty vertailuarvo käyttämällä koodattavan videokehyksen (FR1) esillä olevaa kuvalohkoa (X) ja toisen kehyksen (FR2) ainakin yhtä muuta kuvalohkoa (Y, Y'), jolloin koodattavan kehyksen (FR1) mainittu esillä oleva kuvalohko (X) käsittää joukon ensimmäisiä data-arvoja ($\{x_1,...,x_K\}$), toisen kehyksen (FR2) mainittu ainakin yksi muu kuvalohko (Y, Y') käsittää joukon toisia data-arvoja ($\{y_1,...,y_K\}$), muodostetaan data-arvopareja ensimmäisten data-arvojen joukon $\{x_1,...,x_K\}$ data-arvoista ja samasta määrästä mainitun toisten data-arvojen joukon $\{y_1,...,y_K\}$ vastaavista data-arvoista, mainittu yhdistetty vertailuarvo muodostetaan määrittelemällä vertailuarvoja, joista kukin määritellään käyttämällä mainittujen data-arvoparien yhden data-arvoparin data-arvoja, ja mainitut data-arvoparit jaetaan ainakin kahteen data-arvoparien osajoukkoon ($x_{(t-1)s+1},...,x_{ts}$, $y_{(t-1)s+1},...,y_{ts}$), joista kukin osajoukko käsittää saman määrän data-arvopareja, **tunnettu** siitä, että mainittujen vertailuarvojen laskenta on limitetty siten, että data-arvoparien yhden osajoukon vertailuarvojen laskenta aloitetaan sen jälkeen, kun data-arvoparien toisen osajoukon vertailuarvojen laskenta on käynnistetty mutta ei vielä saatettu loppuun.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että vertailuarvo määritellään laskemalla data-arvoparin välinen erotus.

3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että vertailuarvo määritellään data-arvoparien kunkin osajoukon kullekin data-arvoparille.

4. Patenttivaatimuksen 1, 2 tai 3 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mainittu yhdistetty vertailuarvo määritellään summaamalla mainitut vertailuarvot.

5. Jonkin patenttivaatimuksista 1–4 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että menetelmässä suoritetaan toimintavaiheita, ja että kussakin toimintavaiheessa syötetään data-arvoparien yhden osajoukon $(x_{(t-1)s+1},\ldots,x_{ts},\ y_{(t-1)s+1},\ldots,y_{ts})$ kukin data-arvopari vertailuarvojen laskentaan.

6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että vertailuarvot data-arvoparien yhden osajoukon mainituille syötetyille data-arvopareille $(x_{(t-1)s+1},\ldots,x_{ts},\ y_{(t-1)s+1},\ldots,y_{ts})$ muodostetaan p toimintavaiheen viiveellä, jossa p on ennalta määrätty kokonaisluku, joka on suurempi kuin 1.

7. Jonkin patenttivaatimuksista 1–6 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että lasketaan koodattavan kehyksen (FR1) esillä olevan kuvalohkon (X) ja toisen kehyksen (FR2) kuvalohkojen (Y, Y') välinen yhdistetty vertailuarvo, ja että valitaan liike-estimointiin toisen lohkon (FR2) se kehys, joka tuottaa pienimmän yhdistetyn vertailuarvon.

8. Jonkin patenttivaatimuksista 1–7 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että kukin lohko käsittää 16 riviä, joissa on 16 kuva-alkiodata-arvoa, jolloin kuva-alkiodata-arvot jaetaan 16 kuva-alkiodata-arvoparin 16 osajoukkoon, joiden sisällä kullekin osajoukolle määritellään 16 vertailuarvoa, ja mainittu yhdistetty vertailuarvo määritellään yhdistämällä 256 vertailuarvoa.

9. Jonkin patenttivaatimuksista 1–7 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että kukin lohko käsittää 16 riviä, joissa on 16 kuva-alkiodata-arvoa, yhden lohkon (X) kuva-alkiodata-arvot järjestetään pareittain toisen lohkon (Y) 16×16 kuva-alkiodata-arvon kanssa, kuva-alkiodata-parit jaetaan 64 osajoukkoon D_1, D_2...,D_{64}, joissa kusssakin on 4 kuva-alkiodataparia, vertailuarvolaskennat arvoparien D_i, $i = 1,2,\ldots,64$ osajoukolle aloitetaan toimintavaiheessa $t = i + 1$ ja saatetaan päätökseen toimintavaiheessa $t = i + 4$, ja mainittu yhdistetty vertailuarvo määritellään yhdistämällä mainituille 64 osajoukolle D_1, D_2...,D_{64} lasketut vertailuarvot, jolloin osajoukon D_i, $i = 1,2,\ldots,64$ vertailuarvojen yhdistäminen suoritetaan toimintavaiheessa $t = i + 5$.

10. Järjestelmä videokuvan liike-estimoinnin suorittamiseksi videokoodauksessa, jossa videosignaali koostuu kehyksistä (FR1, FR2), jotka käsittävät lohkoja (X, Y, Y'), jolloin järjestelmä käsittää välineen (1) yhdistetyn vertailuarvon muodostamiseksi käyttämällä koodattavan videokehyksen (FR1) esillä olevaa kuvalohkoa (X) ja toisen kehyksen (FR2) ainakin yhtä muuta kuvalohkoa (Y, Y'), jolloin koodattavan kehyksen (FR1) mainittu esillä oleva kuvalohko (X) käsittää joukon ensimmäisiä data-arvoja ($\{x_1,...,x_K\}$), toisen kehyksen (FR2) mainittu ainakin yksi muu kuvalohko (Y, Y') käsittää joukon toisia data-arvoja ($\{y_1,...,y_K\}$), mainittu väline (1) yhdistetyn vertailuarvon muodostamiseksi käsittää syöttövälineen ainakin kahden osajoukon ($x_{(t-1)s+1},...,x_{ts}$, $y_{(t-1)s+1},...,y_{ts}$) sarjan syöttämiseksi, jolloin kukin osajoukko koostuu samasta määrästä data-arvopareja mainitusta ensimmäisten data-arvojen joukosta ($\{x_1,...,x_K\}$) ja saman määrän vastaavia data-arvoja mainitusta toisten data-arvojen joukosta ($\{y_1,...,y_K\}$), välineet (2) vertailuarvojen määrittelemiseksi, joista kukin on määritelty käyttämällä mainittujen data-arvoparien yhden data-arvoparin data-arvoja, **tunnettu** siitä, että järjestelmä käsittää lisäksi välineet (3) mainittujen vertailuarvojen laskemiseksi limittäin, käsittäen välineet (2) data-arvoparien yhden osajoukon vertailuarvojen laskennan aloittamiseksi sen jälkeen, kun data-arvoparien toisen osajoukon vertailuarvojen laskenta on käynnistetty mutta ei saatettu loppuun.

11. Patenttivaatimuksen 10 mukainen järjestelmä, **tunnettu** siitä, että mainittu väline (1) yhdistetyn vertailuarvon laskennan suorittamiseksi limittäin käsittää *s* ryhmää (3) laskentayksiköitä, joista kukin ryhmä (3) käsittää:

- *p* laskentayksikköä (2),
- yhden syöttövälineparin yhden data-arvoparin syöttämiseksi kerrallaan,
- kanavointilaitteita (4, 5), ja
- rekistereitä (7, 8),

jolloin mainittujen vertailuarvojen laskemiseksi limittäin mainitut *s* data-arvoparin osajoukot on järjestetty syötettäviksi mainittujen *s* ryhmän (3) syöttövälineiden *s* pareihin, ja ryhmään (3) syötettyjen arvoparien

joukko jakautuu ryhmän (3) mainittujen laskentayksiköiden (2) kesken ajallisesti siten, että aina seuraavan data-arvoparin vertailuarvojen laskenta on järjestetty aloitettavaksi sen jälkeen kuin edellisen data-arvoparin laskenta on käynnistetty mutta ei saatettu loppuun.

12. Patenttivaatimuksen 10 tai 11 mukainen järjestelmä, **tunnettu** siitä, että välineet (2) vertailuarvojen määrittelemiseksi käsittävät välineet arvoparin välisen erotuksen laskemiseksi.

13. Jonkin patenttivaatimuksen 10–12 mukainen järjestelmä, **tunnettu** siitä, että välineet (1) yhdistettyjen vertailuarvojen määrittelemiseksi käsittävät pakkausmatriisin (6).

14. Patenttivaatimuksen 13 mukainen järjestelmä, **tunnettu** siitä, että pakkausmatriisiin (6) syötettävien vertailuarvosyötteiden lukumäärä on pienempi kuin laskentayksiköiden (2) lukumäärä.

15. Jonkin patenttivaatimuksen 10–14 mukainen järjestelmä, **tunnettu** siitä, että kuvalohkot koostuvat K data-arvosta, järjestelmä käsittää *s* ryhmää (3) laskentayksiköitä (2), kukin ryhmä (3) käsittää *p* laskentayksikköä (2), ja arvot *s* ja *p* on valittu siten, että $K = s \times p$, jolloin *p* on ennalta määrätty kokonaisluku, joka on suurempi kuin 1.

16. Jonkin patenttivaatimuksen 10–15 mukainen järjestelmä, **tunnettu** siitä, että mainittu väline (1) yhdistetyn vertailuarvon määrittelemiseksi käsittää summainvälineen (12).

17. Videokoodauslaite, joka käsittää välineet (32) videosignaalin koodaamiseksi, joka videosignaali koostuu kehyksistä (FR1, FR2), jotka käsittävät lohkoja (X, Y, Y'), välineet (32) videokuvan liike-estimoinnin suorittamiseksi, välineet (1) yhdistetyn vertailuarvon laskemiseksi koodattavan videokehyksen (FR1) esillä olevan kuvalohkon (X) ja toisen kehyksen (FR2) ainakin yhden muun kuvalohkon (Y, Y') välillä, jolloin koodattavan kehyksen (FR1) mainittu esillä oleva kuvalohko (X) käsittää joukon ensimmäisiä data-arvoja ($\{x_1,...,x_K\}$), toisen kehyksen (FR2) mainittu ainakin yksi muu kuvalohko (Y, Y') käsittää joukon toisia data-arvoja ($\{y_1,...,y_K\}$), mainittu väline (1) yhdistetyn vertailuarvon

muodostamiseksi käsittää syöttövälineen ainakin kahden osajoukon ($x_{(t-1)s+1},...,x_{ts}$, $y_{(t-1)s+1},...,y_{ts}$) sarjan syöttämiseksi, jolloin kukin osajoukko koostuu samasta määrästä data-arvopareja mainitusta ensimmäisten data-arvojen joukosta ($\{x_1,...,x_K\}$) ja saman määrän vastaavia data-arvoja mainitusta toisten data-arvojen joukosta ($\{y_1,...,y_K\}$), käsittäen välineet (2) vertailuarvojen määrittelemiseksi, joista kukin määritellään käyttäen mainittujen data-arvoparien yhden data-arvoparin data-arvoja, **tunnettu** siitä, että laite käsittää lisäksi välineet (3) mainittujen vertailuarvojen laskemiseksi limittäin, käsittäen välineet (2, 4, 5) data-arvoparien yhden osajoukon vertailuarvojen laskennan aloittamiseksi sen jälkeen, kun data-arvoparien toisen osajoukon vertailuarvojen laskenta on käynnistetty mutta ei saatettu loppuun.

18. Patenttivaatimuksen 17 mukainen laite, **tunnettu** siitä, että se käsittää välineet (31) matkaviestinnän suorittamiseksi.

Patentkrav:

1. Förfarande för att utföra rörelse-estimering av en videobild vid videokodning, vid vilket en videosignal består av ramar (FR1, FR2), videoramarna omfattar block (X, Y, Y'), och ett kombinerat referensvärde bildas genom att använda ett föreliggande bildblock (X) av ramen (FR1) som skall kodas och åtminstone ett annat bildblock (Y, Y') av en annan ram (FR2), varvid sagda föreliggande bildblock (X) av ramen (FR1) som skall kodas omfattar en mängd av första datavärden ($\{x_1,...,x_K\}$), åtminstone ett annat bildblock (Y, Y') av den andra ramen (FR2) omfattar en mängd av andra datavärden ($\{y_1,...,y_K\}$), datavärdepar bildas av sagda mängd av första datavärden ($\{x_1,...,x_K\}$) och ett lika stort antal motsvarande datavärden i sagda mängd av andra datavärden ($\{y_1,...,y_K\}$), sagda kombinerade referensvärde bildas genom att bestämma referensvärden, av vilka vart och ett bestäms genom att använda datavärden av ett datavärdepar bland sagda datavärdepar, och sagda datavärdepar delas i åtminstone två delmängder ($x_{(t-1)s+1},...,x_{ts}$, $y_{(t-1)s+1},...,y_{ts}$) av datavärdepar, av vilka varje delmängd omfattar det samma antalet datavärdepar, **kännetecknat** av, att kalkyleringen av sagda referensvärden är överlappad så, att kalkyleringen av referensvärden i en delmängd av datavärdepar börjas efter kalkyleringen av referensvärden i den andra delmängden av datavärdepar har påbörjats men inte ännu slutförts.

2. Förfarande enligt patentkrav 1, **kännetecknat** av, att referensvärdet bestäms genom att kalkylera skillnaden mellan datavärdeparet.

3. Förfarande enligt patentkrav 2, **kännetecknat** av, att referensvärdet bestäms för varje datavärdepar i varje delmängd av datavärdepar.

4. Förfarande enligt patentkrav 1, 2 eller 3, **kännetecknat** av, att sagda kombinerade referensvärde bestäms genom att summera sagda referensvärden.

5. Förfarande enligt något av patentkraven 1–4, **kännetecknat** av, att i förfarandet utförs operationssteg, och att vid varje operationssteg

inmatas varje datavärdepar av en delmängd ($x_{(t-1)s+1},...,x_{ts}$, $y_{(t-1)s+1},...,y_{ts}$) av datavärdepar till kalkylering av referensvärden.

6. Förfarande enligt patentkrav 5, **kännetecknat** av, att referensvärden för sagda inmatade datavärdepar ($x_{(t-1)s+1},...,x_{ts}$, $y_{(t-1)s+1},...,y_{ts}$) i en delmängd av datavärdepar bildas med en fördröjning av *p* operationssteg, där *p* är ett förutbestämt heltal som är större än 1.

7. Förfarande enligt något av patentkraven 1–6, **kännetecknat** av, att man räknar ett kombinerat referensvärde mellan det föreliggande bildblocket (X) av ramen (FR1) som skall kodas och bildblock (Y, Y') av en annan ram (FR2), och att man väljer för rörelse-estimering den ram av det andra blocket (FR2) som producerar det minsta kombinerade referensvärdet.

8. Förfarande enligt något av patentkraven 1–7, **kännetecknat** av, att varje block omfattar 16 rader med 16 bildelementdatavärden, varvid bildelementdatavärdena delas i 16 delmängder av 16 bildelementdatavärdepar, bland vilka för varje delmängd bestäms 16 referensvärden, och sagda kombinerade referensvärde bestäms genom att kombinera 256 referensvärden.

9. Förfarande enligt något av patentkraven 1–7, **kännetecknat** av, att varje block omfattar 16 rader med 16 bildelementdatavärden, bildelementdatavärden av ett block (*X*) anordnas parvis med 16 × 16 bildelementdatavärden av ett annat block (*Y*), bildelementdataparen delas i 64 delmängder D_1, D_2,..., D_{64} var med 4 bildelementdatapar, referensvärdekalkyleringar för delmängden av värdeparen D_i, $i = 1, 2,...,64$ påbörjas i ett operationssteg $t = i + 1$ och slutförs i ett operationssteg $t = i + 4$, och sagda kombinerade referensvärde bestäms genom att kombinera de för sagda 64 delmängder D_1, D_2, ..., D_{64} kalkylerade referensvärdena, varvid kombineringen av referensvärden i delmängden D_1, D_2, ..., D_{64} utförs i ett operationssteg $t = i + 5$.

10. System för att utföra rörelse-estimering av en videobild vid videokodning, vid vilket en videosignal består av ramar (FR1, FR2) vilka

omfattar block (X, Y, Y'), varvid systemet omfattar ett medel (1) för att bilda ett kombinerat referensvärde genom att använda ett föreliggande bildblock (X) av ramen (FR1) som skall kodas och åtminstone ett annat bildblock (Y, Y') av en annan ram (FR2), varvid sagda föreliggande bildblock (X) av ramen (FR1) som skall kodas omfattar en mängd av första datavärden ($\{x_1,...,x_K\}$), sagda åtminstone ett annat bildblock (Y, Y') omfattar en mängd av andra datavärden ($\{y_1,...,y_K\}$), sagda medel (1) för att bilda ett kombinerat referensvärde omfattar ett inmatningsmedel för att inmata en serie av åtminstone två delmängder ($x_{(t-1)s+1},...,x_{ts}$, $y_{(t-1)s+1},...,y_{ts}$), varvid varje delmängd omfattar det samma antalet datavärdepar bland sagda mängd av första datavärden ($\{x_1,...,x_K\}$) och ett lika stort antal motsvarande datavärden bland sagda mängd av andra datavärden ($\{y_1,...,y_K\}$), medel (2) för att bestämma referensvärden, av vilka vart och ett är bestämt genom att använda datavärden av ett datavärdepar bland sagda datavärdepar, **kännetecknat** av, att systemet vidare omfattar medel (3) för att kalkylera sagda referensvärden på ett överlappande sätt, omfattande medel (2) för att börja kalkyleringen av referensvärden i en delmängd av datavärdepar efter kalkyleringen av referensvärden i den andra delmängden av datavärdepar har påbörjats men inte ännu slutförts.

11. System enligt patentkrav 10, **kännetecknat** av, att sagda medel (1) för att utföra kalkyleringen av det kombinerade referensvärdet på ett överlappande sätt omfattar *s* grupper (3) av kalkyleringsenheter, av vilka varje grupp (3) omfattar:

- *p* kalkyleringsenheter (2),
- ett par av inmatningsmedel för att mata in ett datavärdepar åt gången,
- kanaliseringsanordningar (4, 5), och
- register (7, 8),

varvid för kalkylering av sagda referensvärden på ett överlappande sätt sagda delmängder av *s* datavärdepar är anordnade att matas in i *s* par av inmatningsmedel av *s* grupper (3), och mängden av de i gruppen (3) inmatade värdeparen delas emellan sagda kalkyleringsenheter (2) tidsmässigt så, att kalkyleringen av referensvärden i det följande datavärdeparet är anordnad att börjas alltid efter kalkyleringen av det föregående datavärdeparet har påbörjats men inte slutförts.

12. System enligt patentkrav 10 eller 11, **kännetecknat** av, att medlen (2) för att bestämma referensvärden omfattar medel för att kalkylera skillnaden mellan värdeparet.

13. System enligt något av patentkraven 10–12, **kännetecknat** av, att medlen (1) för att bestämma kombinerade referensvärden omfattar en packningsmatris (6).

14. System enligt patentkrav 13, **kännetecknat** av, att antalet referensvärdeindata som matas in i packningsmatrisen (6) är mindre än antalet kalkyleringsenheter (2).

15. System enligt något av patentkraven 10–14, **kännetecknat** av, att bildblocken består av K datavärden, systemet omfattar *s* grupper (3) av kalkyleringsenheter (2), varje grupp (3) omfattar *p* kalkyleringsenheter (2), och värdena *s* och *p* är så valda, att $K = s \times p$, varvid *p* är ett förutbestämt heltal, som är större än 1.

16. System enligt något av patentkraven 10–15, **kännetecknat** av, att sagda medel (1) för att bestämma det kombinerade referensvärdet omfattar ett summeringsmedel (12).

17. Videokodningsanordning, som omfattar medel (32) för kodning av en videosignal, vilken videosignal består av ramar (FR1, FR2), vilka omfattar block (X, Y, Y'), medel (32) för att utföra rörelse-estimering av en videobild, medel (1) för att kalkylera ett kombinerat referensvärde mellan ett föreliggande bildblock (X) av videoramen (FR1) som skall kodas och åtminstone ett annat bildblock (Y, Y') av en annan ram (FR2), varvid sagda föreliggande bildblock (X) av ramen (FR1) som skall kodas omfattar en mängd av första datavärden ($\{x_1,...,x_K\}$), sagda minst ett annat bildblock (Y, Y') av den andra ramen (FR2) omfattar en mängd av andra datavärden ($\{y_1,...,y_K\}$), sagda medel (1) för att bilda ett kombinerat referensvärde omfattar ett inmatningsmedel för att mata in en serie av åtminstone två delmängder ($x_{(t-1)s+1},...,x_{ts}$, $y_{(t-1)s+1},...,y_{ts}$), varvid varje delmängd består av det samma antalet datavärdepar bland sagda mängd av första datavärden ($\{x_1,...,x_K\}$)

och det samma antalet motsvarande datavärden bland sagda mängd av andra datavärden ($\{y_1,...,y_K\}$), omfattande medel (2) för att bestämma referensvärden, av vilka vart och ett bestäms genom att använda datavärden av ett datavärdepar bland sagda datavärdepar, **kännetecknad** av, att anordningen vidare omfattar medel (3) för att kalkylera sagda referensvärden på ett överlappande sätt, omfattande medel (2, 4, 5) för att börja kalkyleringen av referensvärden i en delmängd av datavärdepar efter kalkyleringen av referensvärden i den andra delmängden av datavärdepar har påbörjats men inte slutförts.

18. Anordning enligt patentkrav 17, **kännetecknat** av, att den omfattar medel (31) för att utföra mobil kommunikation.

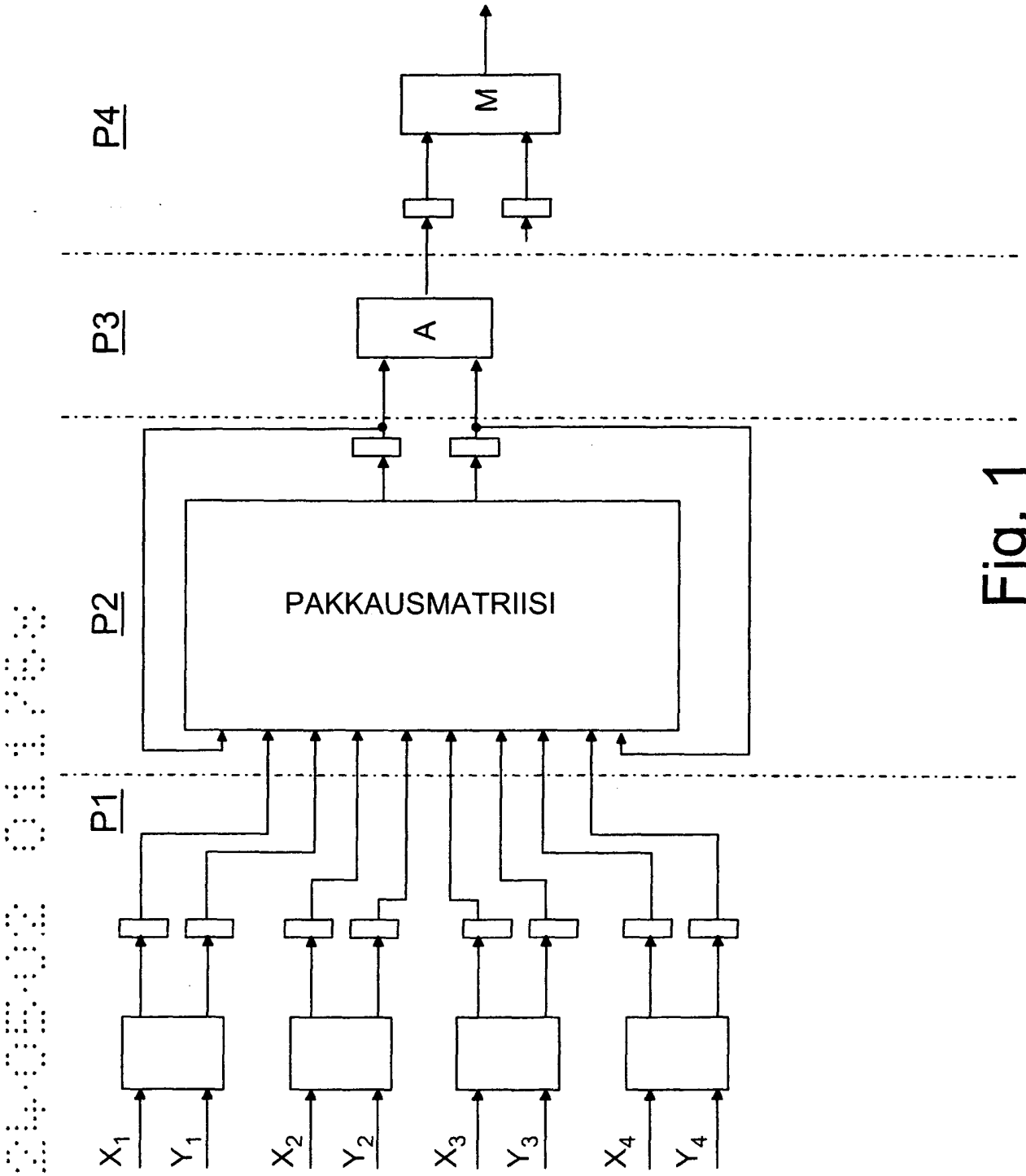


Fig. 1

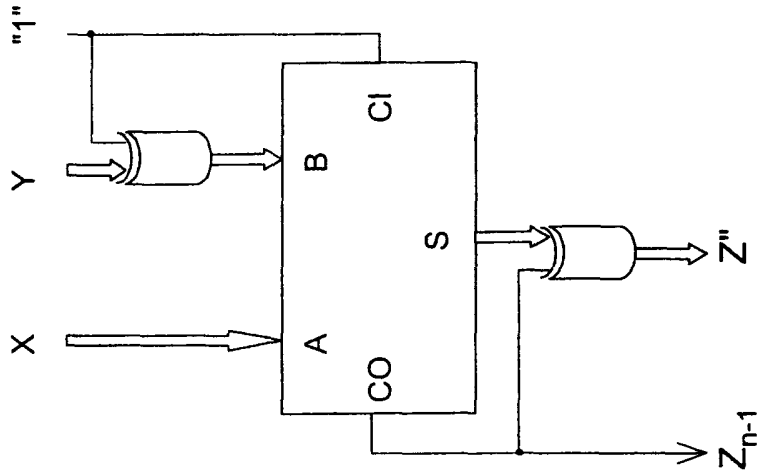


Fig. 2

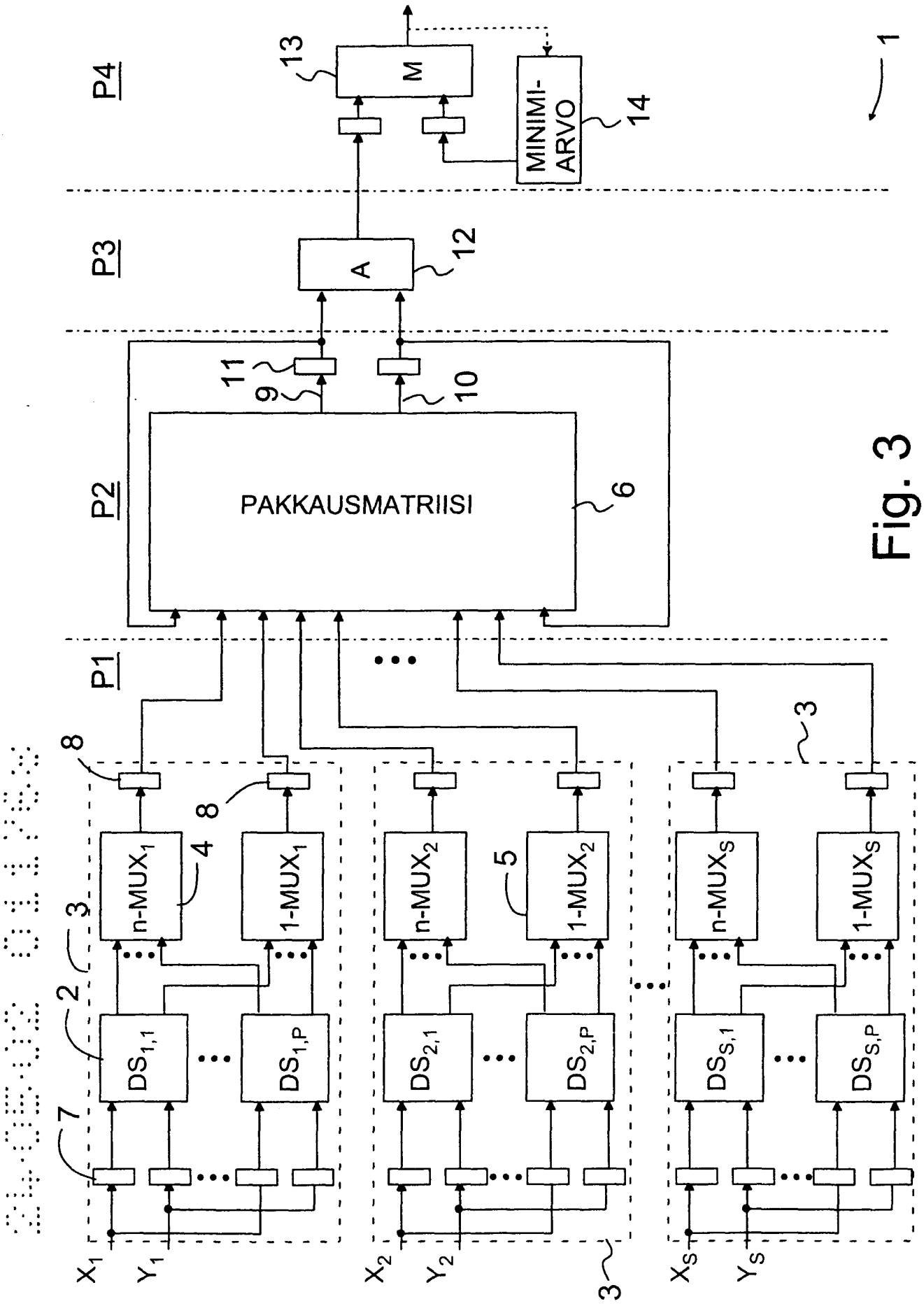

P4
P3
P2
P1
M
13
MINIMI-
ARVO
14
A
12
11
9
10
PAKKAUSMATRIISI
6
1
3
8
n-MUX1
4
1-MUX1
n-MUX2
5
1-MUX2
n-MUXS
1-MUXS
2
DS1,1
DS1,P
DS2,1
DS2,P
DSS,1
DSS,P
7
X1
Y1
X2
Y2
XS
YS

Fig. 3

24-05-02 01:26:3

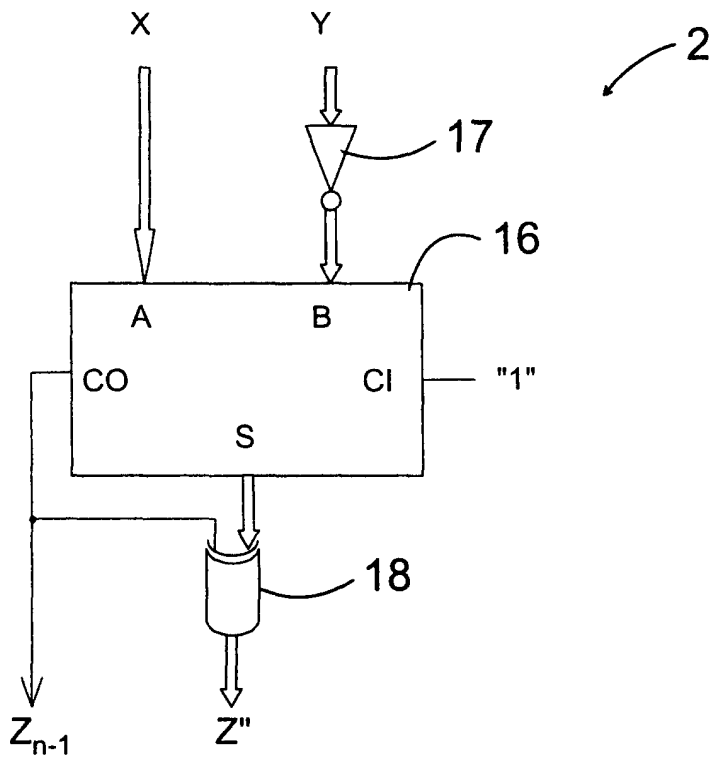


Fig. 4

110909

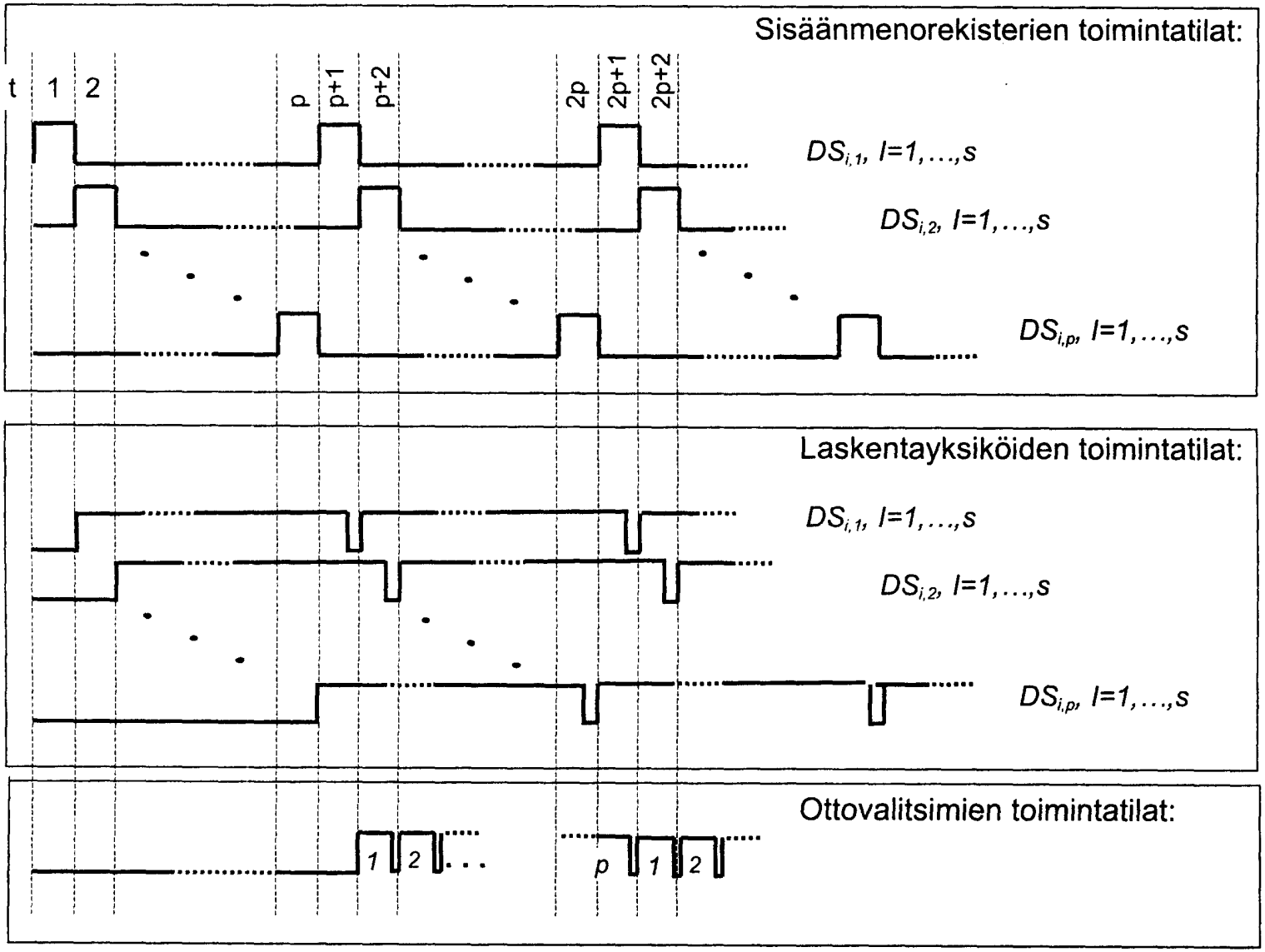


Fig. 5a

Fig. 5b

Fig. 5c

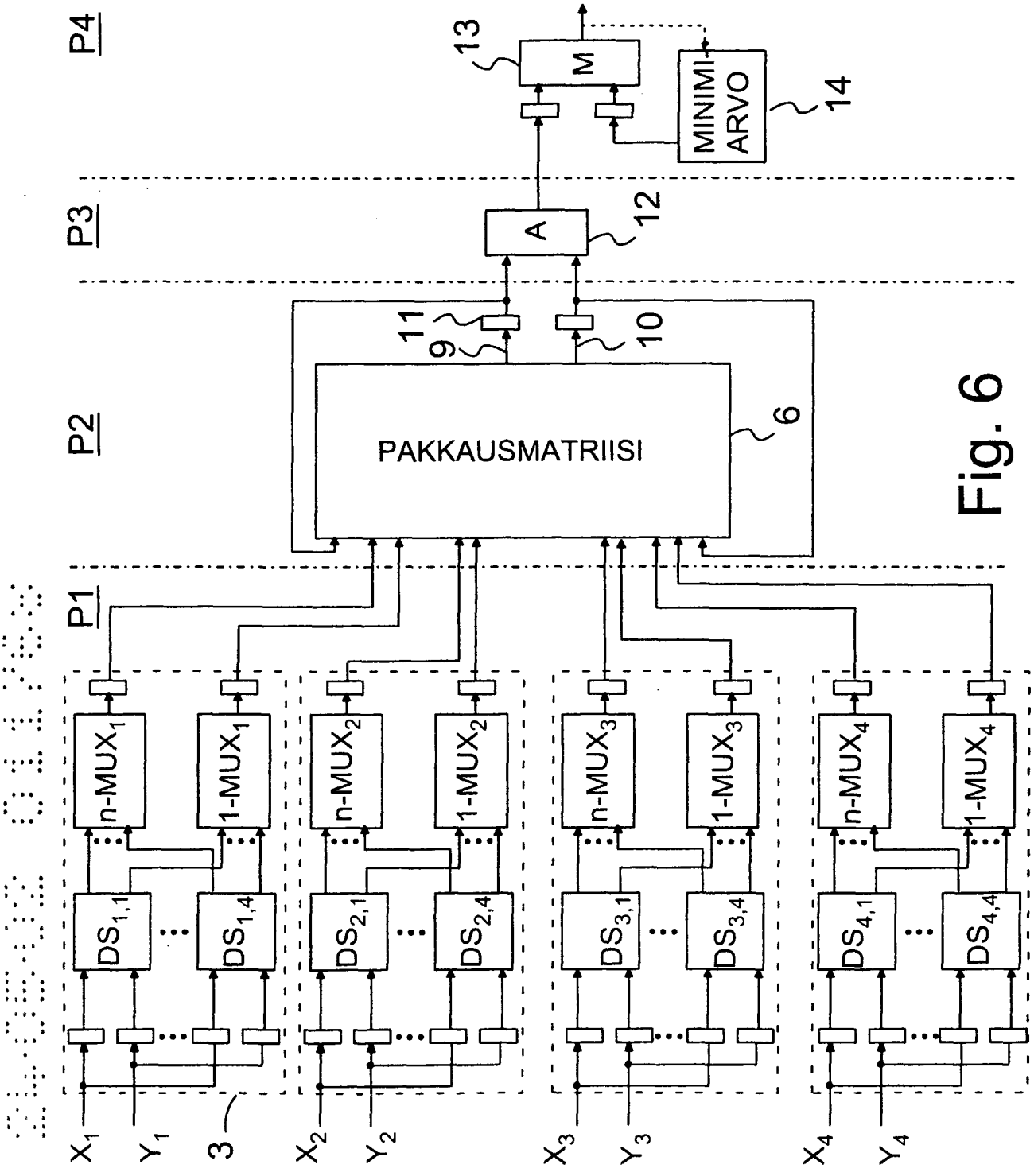

P4
P3
P2
P1
13
M
MINIMI-ARVO
14
A
12
11
9
10
PAKKAUSMATRIISI
6
n-MUX1
1-MUX1
n-MUX2
1-MUX2
n-MUX3
1-MUX3
n-MUX4
1-MUX4
DS1,1
DS1,4
DS2,1
DS2,4
DS3,1
DS3,4
DS4,1
DS4,4
X1
Y1
3
X2
Y2
X3
Y3
X4
Y4

Fig. 6

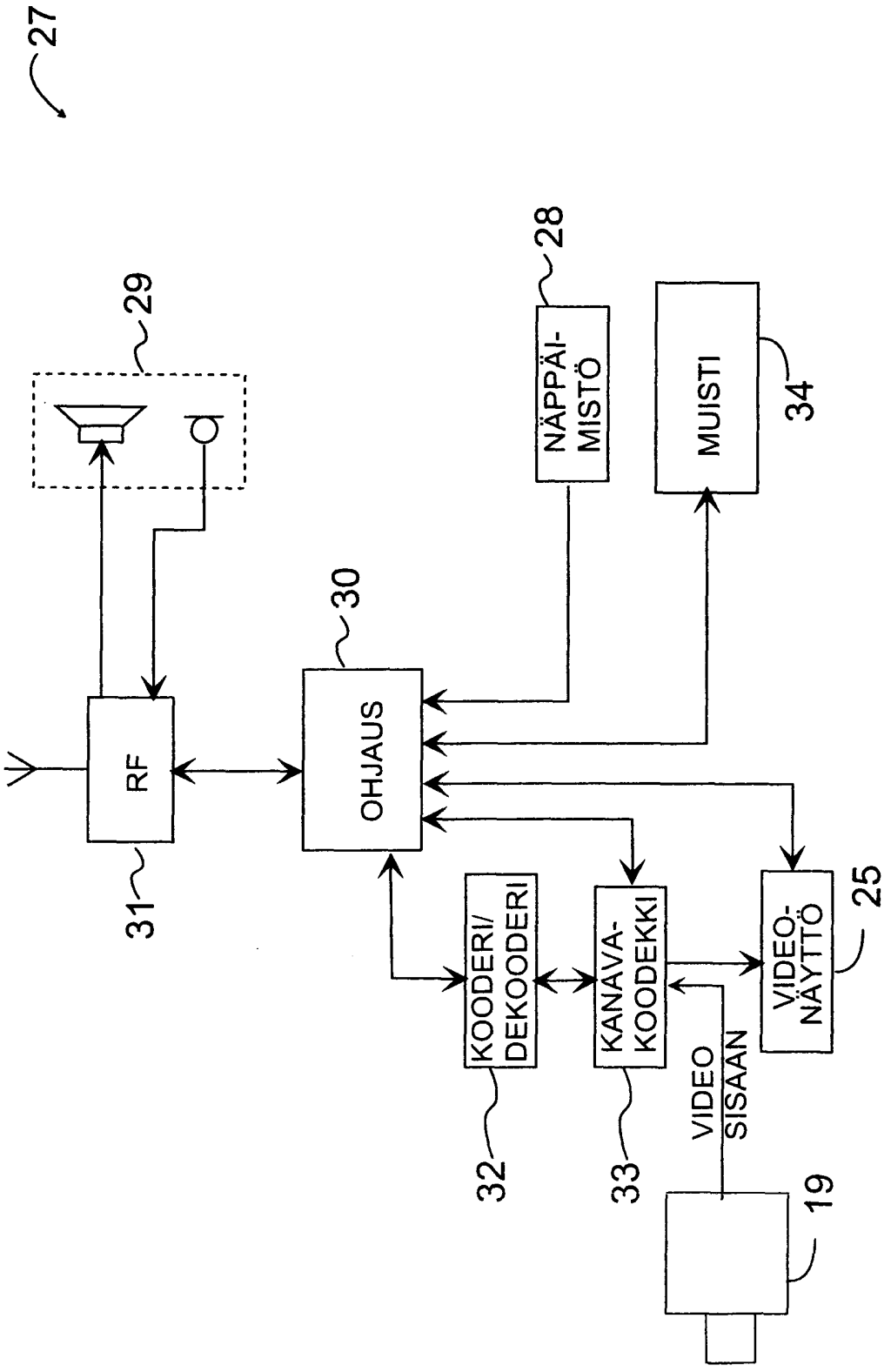

27
29
28
NÄPPÄI-
MISTÖ
MUISTI
34
30
RF
OHJAUS
31
KOODERI/
DEKOODERI
KANAVA-
KOODEKKI
VIDEO-
NÄYTTÖ
25
VIDEO
SISÄÄN
32
33
19

Fig. 7

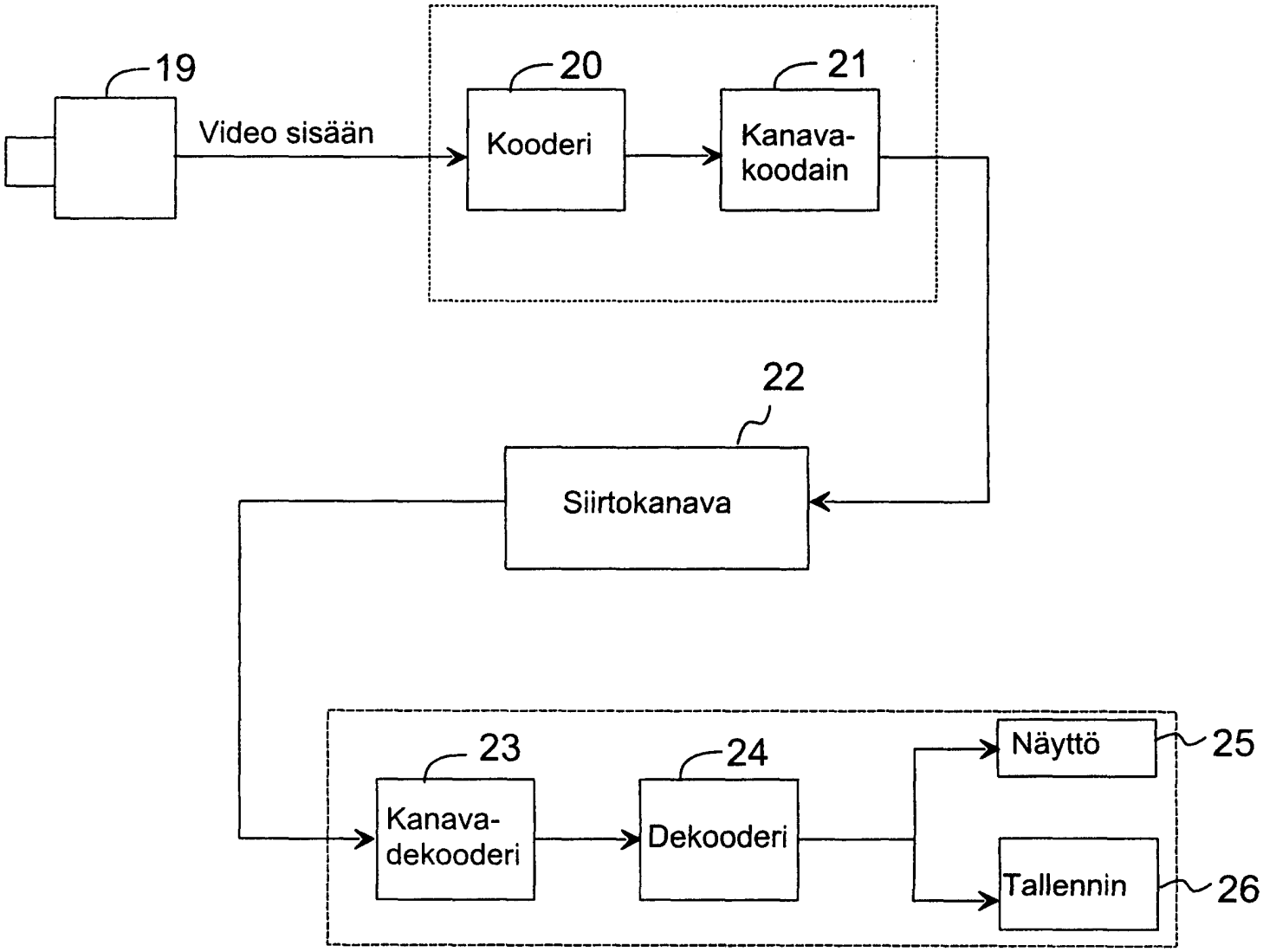

19
Video sisään
20
Kooderi
21
Kanava-
koodain
22
Siirtokanava
23
Kanava-
dekooderi
24
Dekooderi
Näyttö
25
Tallennin
26

Fig. 8

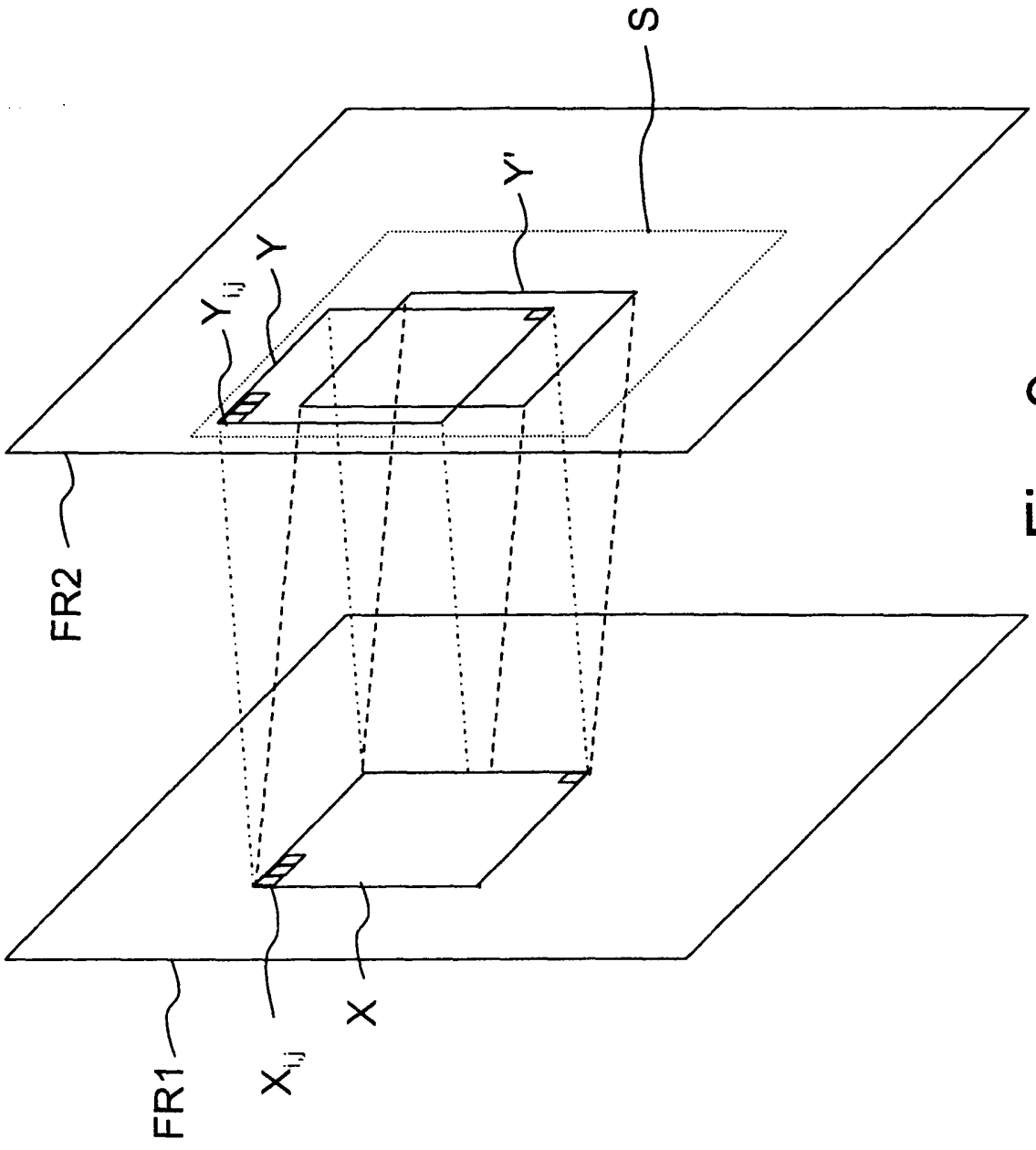


Fig. 9