



(12) **PATENTTIJULKAISU
PATENTSKRIFT**



F 1 0 0 0 1 1 5 5 8 9 B

**SUOMI - FINLAND
(FI)**

**PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN**

(10) **FI 115589 B**

(45) Patentti myönnetty - Patent beviljats

31.05.2005

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

H04N 7/26, 7/32

(21) Patentihakemus - Patentansökning

20031499

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag

14.10.2003

(24) Alkupäivä - Löpdag

14.10.2003

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig

15.04.2005

(73) Haltija - Innehavare

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

(72) Keksijä - Uppfinnare

1 •Wang, Ye-Kui, Ruovedenkatu 16 B 33, 33720 Tampere, SUOMI - FINLAND, (FI)

2 •Hannuksela, Miska, Kukkaniitynkatu 4 B, 33710 Tampere, SUOMI - FINLAND, (FI)

(74) Asiamies - Ombud: Kolster Oy Ab
Iso Roobertinkatu 23, 00120 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

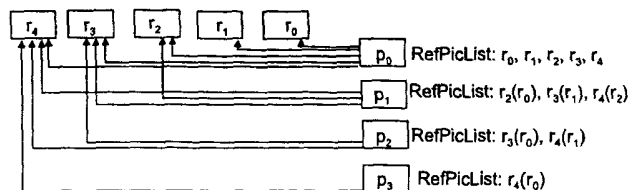
**Redundanttien kuvien koodaaminen ja dekoddaaminen
Kodning och avkodning av redundantta bilder**

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Menetelmä videodataan koodaamiseksi, joka videodata käsittää ainakin yhden primäärikuvan ja ainakin yhden primäärikuvan informaation sisältöä vastaavan redundantin kuvan. Redundantin kuvan viitekuvalista käsittää useita viitekuvia. Videosekvenssi koodataan siten, että tietty määrä viitekuvia poistetaan käytöstä mainitun ainakin yhden redundantin kuvan viitekuvalistalta, joka määrä on ainakin yksi, mutta vähemmän kuin viitekuvalistan viitekuvien kokonaismäärä.

Förfarande för kodning av videodata, vilka videodata omfattar åtminstone en primärbild och åtminstone en redundant bild som motsvarar informationsinnehållet i åtminstone en primärbild. En referensbildlista för den redundantta bilden omfattar flera referensbilder. En videosekvens kodas så att en bestämd mängd referensbilder tas ur bruk från nämnda åtminstone en redundant bilds referensbildlista, vilken mängd är åtminstone en, men mindre än den totala mängden referensbilder på referensbildlistan.



Redundanttien kuvien koodaaminen ja dekodaaaminen

Keksinnön ala

Keksintö liittyy videodatan koodaus- ja dekodausmenetelmiin, erityisesti redundantteja kuvia käsittävän videodatan osalta.

5 Keksinnön tausta

Videolähetysjärjestelmä käsittää lähettimen ja vastaanottimen. Lähetin käsittää lähdekooderin ja siirtokooderin. Lähdekooderiin syötetään kompressoimattomia kuvia ja ulostulona saadaan koodattu videovirta. Siirtokooderi kapseloi kompressoitua videon käytössä olevien siirtoprotokollien mukaisesti. Vastaanotin suorittaa päinvastaiset toimenpiteet, ts. siirtodekoodauksen ja lähdedekoodauksen rekonstruoidun videosignaalin muodostamiseksi.

Useimmissa videokoodausmenetelmissä käytetään ns. liikekompensoitua ajallista ennustusta, jossa videosekvenssin joidenkin (tyypillisesti useimpien) kuvakehysten sisältöä ennustetaan sekvenssin muista kehyksistä jäljittämällä kuvakehysten tiettyjen objektien tai alueiden muutoksia peräkkäisten kuvakehysten välillä. ts. ennustuksessa hyödynnetään peräkkäisten kuvakehysten ajallista redundanssia.

Videosekvenssi käsittää INTRA- tai I-kehyksiä, joiden kuvainformaation määrittämisessä ei ole käytetty liikekompensoitua ajallista ennustusta. Tyypillisesti videosekvenssi käsittää lisäksi INTER- tai P-kehyksiä (Predicted), joiden kuvainformaation määrittämisessä käytetään tyypillisesti ainakin yhtä I- tai P-kehystä. Jokainen kuva kehys voidaan jakaa makrolohkoina tunnettuihin suorakaiteen muotoisiin alueisiin, jotka käsittävät alueen kaikkien pikseleiden värikomponentit (kuten Y, U, V). Makrolohkot voidaan edelleen ryhmitellä esimerkiksi viipaleiksi, jotka ovat makrolohkoryhmiä, jotka valitaan kuvan skannausjärjestyksessä. Videokoodausmenetelmissä ajallinen ennustus suoritetaan tyypillisesti lohko- tai makrolohkokohtaisesti, mutta hyvin harvoin kuvakehyskohtaisesti.

Lähetysten aikana useissa videolähetysjärjestelmissä tapahtuu lähetysvirheitä. Ennustavasta koodauksesta johtuen lähetysvirheet eivät vaikuta vain senhetkisen kuvan dekodauksen laatuun, vaan ne etenevät myös seuraaviin ennustuksen perusteella koodattuihin kuviin. Ilman ajallisen virheen etenemisen tarkkailua kuvan laatu saattaa huonontua merkittävästi tai se voi tulla täysin virheelliseksi.

Ajallisen virheen etenemisen estävät tekniikat voidaan jakaa interaktiivisiin ja ei-interaktiivisiin menetelmiin. Interaktiiviset menetelmät viittaavat tekniikoihin, joissa vastaanottaja lähettää informaatiota virheellisesti koodattua alueista ja/tai lähetyspaketeista lähettäjälle. Tiedonsiirtojärjestelmä käsittää mekanismin palauteinformaation välittämiseksi. Esimerkiksi ITU-T:n videokonferenssistandardeissa H.323 ja H.324 vastaanottaja voi pyytää kokonaisen kuvan tai tiettyjen makrolohkojen intrapäivitystä käyttämällä H.245-ohjausprotokollaa. Lähetin tyypillisesti vastaa tällaiseen pyyntöön koodaamalla pyydetyn alueen intra-moodissa seuraavan koodattavan kuvan yhteyteen. Ei-interaktiivisissa menetelmissä lähetin ja vastaanotin eivät ole vuorovaikutuksessa. Järjestelmissä, joissa palauteinformaatiota ei voida käyttää, tulee soveltaa ei-interaktiivisiin menetelmiä ajallisen virheen etenemisen estämiseksi. Ei-interaktiiviset menetelmät käsittävät myötäsuntaisen virheenkorjauksen (FEC, forward error correction), joka suoritetaan lähetyskoodauskerroksella, ja intrapäivityksen (joko kuva- tai makrolohkotasolla), joka suoritetaan lähdekoodauskerroksella.

Eräs videokoodausstandardi, joka hyödyntää liikekompensoitua ajallista ennustusta, on nimeltään H.264/AVC tai pelkkä H.264 tai JVT. H.264/AVC on ISO/IEC:n MPEG-ryhmän (Motion Picture Experts Group) ja ITU-T:n (International Telecommunications Union, Telecommunications Standardization Sector) VCEG-ryhmän (Video Coding Experts Group) tämänhetkinen JVT-projekti (Joint Video Team). Se periytyy ITU-T VCEG:n projektista H.26L.

H.264 pystyy hyödyntämään menetelmää nimeltään viitekuvan valinta. Viitekuvan valinta on koodaustekniikka, jossa liikekompensaation viitekuva voidaan valita useiden viitekuvapuskuriin tallennettujen kuvien joukosta. Viitekuvan valinta H.264:ssä mahdollistaa viitekuvan valinnan makrolohkokohdaisesti. Viitekuvan valintaa voidaan käyttää kompressiotehokkuuden ja virheensietokyvyn parantamiseen.

H.264-koodausstandardi käsittää myös teknisen piirteen nimeltä redundantti kuva. Redundantti kuva on redundanttisesti koodattu esitys kuvasta, ts. primäärikuvasta, tai kuvan osasta (esim. yksi tai useampia makrolohkoja). Jokaisella primäärikuvalla voi olla jopa 127 redundanttia kuvaa. Jokaista redundanttia kuvaa voidaan pitää primäärikuvan informaation samana ajallisena esityksenä. Dekoodauksen jälkeen redundantin kuvan esittämä alue tulisi olla laadultaan yhtä hyvä kuin primäärikuvan esittämä vastaava alue. Re-

dundantin kuvan tekniikkaa voidaan soveltaa lähetysvirheiden kontrolloimiseen seuraavalla tavalla: jos primäärikuvan esittämä alue kadotetaan tai se on virheellinen johtuen lähetysvirheistä, voidaan saman alueen käsittämää virheettömästi vastaanotettua redundanttia kuvaa käyttää kyseisen alueen rekonstruomiseen. Tällaista menetelmää kutsutaan redundantin kuvan suoraviivaiseksi
5 käytöksi.

Kumpaankin yllä mainittuun menetelmään (intrapäivitys ja FEC) liittyy kuitenkin se merkittävä ongelma, että niiden avulla ei voida estää ajallisen virheen etenemistä tehokkaasti ilman, että käytetään palauteinformaatiota. Kun käytetään intrapäivitystä, edellyttäen että intrakoodattu data vastaanotetaan, ajallisen virheen eteneminen pysäytetään esitetyllä alueella. Intrakoodattu data voidaan kuitenkin kadottaa, jolloin ajallisen virheen etenemisen estäminen epäonnistuu. Erityisesti jos intrapäivitys liittyy kokonaiseen kuvaan, tulee suurikokoisesta intrapäivitysdatasta haavoittuva lähetysvirheiden suhteen; täten virheen todennäköisyys kasvaa. Myötäsuuntaisen virheenkorjauksen menetelmä (FEC) tai redundantin kuvan suoraviivainen käyttö pystyy estämään datan kadottamisen senhetkisessä kuvassa, mutta jos on olemassa aikaisemmista kuvista etenevä virhe, sitä ei voida estää mitenkään.
10
15

Edellä mainittujen menetelmien yhdistelmä pystyisi välttämään molemmat edellä mainitut ongelmat, mutta kuten on yleisesti tunnettua, intrakoodauksen tuloksen muodostuu suuri määrä bittejä. Tällainen yhdistelmä moninkertaistaisi bittimäärän, jolloin myös bittinopeus muodostuisi tarpeettoman suureksi. Myötäsuuntaisen virheenkorjauksen menetelmään (FEC) tai redundantin kuvan suoraviivainen käyttöön yhdistetty palauteinformaation lähetyso
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
70
75
80
85
90
95
100
105
110
115
120
125
130
135
140
145
150
155
160
165
170
175
180
185
190
195
200
205
210
215
220
225
230
235
240
245
250
255
260
265
270
275
280
285
290
295
300
305
310
315
320
325
330
335
340
345
350
355
360
365
370
375
380
385
390
395
400
405
410
415
420
425
430
435
440
445
450
455
460
465
470
475
480
485
490
495
500
505
510
515
520
525
530
535
540
545
550
555
560
565
570
575
580
585
590
595
600
605
610
615
620
625
630
635
640
645
650
655
660
665
670
675
680
685
690
695
700
705
710
715
720
725
730
735
740
745
750
755
760
765
770
775
780
785
790
795
800
805
810
815
820
825
830
835
840
845
850
855
860
865
870
875
880
885
890
895
900
905
910
915
920
925
930
935
940
945
950
955
960
965
970
975
980
985
990
995

voisi muodostaa tehokkaamman menetelmän, mutta useimmissa videolähetysojärjestelmissä, kuten suuren määrän vastaanottimia käsittävissä ryhmä- (multicast) tai yleisradioläheteissä (broadcast) palauteinformaatiota ei voida käyttää.

Näin ollen on olemassa tarve menetelmälle, jolla estetään ajallisen virheen eteneminen tehokkaasti käyttämättä palauteinformaatiota, jolloin menetelmää voitaisiin soveltaa missä tahansa lähetysojärjestelmässä.

Keksinnön lyhyt kuvaus

Nyt on keksitty parannettu menetelmä ja siihen liittyvä laitteistoym-
päristö yllä mainittujen ongelmien haittojen vähentämiseksi. Keksinnön useille
35 eri aspekteille on tunnusomaista se, mitä sanotaan itsenäisissä vaatimuksissa. Keksinnön joitakin suoritusmuotoja esitetään epäitsenäisissä vaatimuksissa.

Keksintö perustuu ajatukseen, että kun käytetään redundantisti koodattuja kuvia, voidaan redundantisti koodattujen kuvien ajallinen virheen leviäminen estää tehokkaasti poistamalla redundantin kuvan viitekuvalistalta käytöstä yksi tai useampia viimeisimmistä viitekuvista, jolloin kun valitaan redundantille kuvalle viitekuvaa, seuraavan redundantin kuvan p_i viitekuvalistalta jätetään pois ainakin yksi edellisen redundantin kuvan p_{i-1} ensimmäisistä viitekuvista. Tässä yhteydessä ja läpi koko selostuksen termeillä "poistaa viitekuva käytöstä" tai "jättää viitekuva pois" viitataan prosessiin, jossa uudelleen määritellään redundantin kuvan viitekuvalistan käsittämä jokin viitekuva sellaiseksi, että siihen ei voi viitata; ts. uudelleenmäärittelyn jälkeen kyseinen viitekuva on edelleen kyseisen redundantin kuvan viitekuvalistalla, mutta siihen ei voida viitata viitekuvana.

Keksinnön ensimmäisenä aspektina esitetään menetelmä videodatan koodaamiseksi, joka videodata käsittää ainakin yhden primäärikuvan ja ainakin yhden mainitun primäärikuvan informaatioisältöä vastaavan redundantin kuvan, jonka viitekuvalista käsittää useita viitekuvia. Menetelmässä koodataan mainittu videodata siten, että tietty määrä viitekuvia poistetaan käytöstä mainitun ainakin yhden redundantin kuvan viitekuvalistalta, joka määrä on ainakin yksi, mutta vähemmän kuin mainitun viitekuvalistan viitekuvien kokonaismäärä.

Jos tällöin dekodausjärjestyksessä viimeinen viitekuva kadotetaan eikä primäärikuvaa voida rekonstruoida oikein, voidaan oikean kuvan muodostamiseen käyttää redundanttia kuvaa, joka ei viittaa viimeisimpään viitekuvaan. Täten ajallista virheen leviämistä viimeisimmästä viitekuvasta senhetkiseen ja sitä seuraaviin kuviin voidaan vähentää tai se voidaan kokonaan pysäyttää. Lisäksi etuna on se, että koska takaisinkytkentää ei tarvita, voidaan menetelmää soveltaa mihin tahansa videolähetysjärjestelmään. Edelleen etuna on se, että intra-makrolohkojen tai -kuvien liittämisen taajuutta voidaan pienentää, jolloin koodaustehokkuus paranee.

Erään suoritusmuodon mukaisesti mikä tahansa seuraava mainitun primäärikuvan informaatioisältöä vastaava redundantti kuva koodataan siten, että mainitun seuraavan redundantin kuvan viitekuvalista käsittää edellisen redundantin kuvan viitekuvalistan alijoukon poistamalla käytöstä ainakin yksi viitekuva käänteisessä dekodausjärjestyksessä. Näin mitä todennäköisimmin ainakin yhden redundantin kuvan viitekuvat on asetettu ajallisesti niin alkuun,

että primäärikuvan dekodauksen aiheuttava virhe ei todennäköisesti ole vielä tapahtunut kyseisissä viitekuvissa.

Erään suoritusmuodon mukaisesti viitekuvia poistetaan käytöstä mainitulta viitekuvalistalta käänteisessä dekodausjärjestyksessä

5 Erään suoritusmuodon mukaisesti viitekuvat järjestetään uudelleen mainitulle viitekuvalistalle määrittämällä pienin koodi-indeksi ensimmäiselle tai useimmin käytetylle viitekuvalle. Pienemmän koodausindeksin käyttäminen parantaa edullisesti koodaustehokkuutta.

10 Erään suoritusmuodon mukaisesti, kun jokainen redundantti kuva koodataan edellä kuvatun viitekuvalistan valinta- ja uudelleenjärjestelyprosessin mukaisesti, liitetään tieto mainitusta uudelleenjärjestelyprosessista ja käytettävistä viitekuvista mainitun koodatun videodatan käsittämiin viipaleotsikoihin. Näin dekooderi voi helposti selvittää tämän informaation ja mainitun uudelleenjärjestelyprosessin perusteella, mitkä viitekuvat on poistettu käytöstä
15 viitekuvalistalta ilman, että makrolohkotason dataa tarvitsee dekodata.

Erään suoritusmuodon mukaisesti mainittu ainakin yksi primäärikuva ja mikä tahansa mainitun primäärikuvan informaationsisältöä vastaava redundantti kuva koodataan mainittuun videodataan SP/SI-kuvana. Täten siirtymävirheen muodostuminen voidaan edullisesti estää ja tuloksena on dekodatut kuvat, joissa ei ole epäyhtenäisyyksiä.
20

Keksinnön toisena aspektina esitetään menetelmä videosignaaliin koodatun videodatan dekodaukseksi, joka videodata käsittää ainakin yhden primäärikuvan ja ainakin yhden mainitun primäärikuvan informaationsisältöä vastaavan redundantin kuvan, jonka viitekuvalista käsittää useita viitekuvia.
25 Menetelmässä vastaanotetaan videodataa, joka on koodattu siten, että mainitun ainakin yhden redundantin kuvan viitekuvalista käsittää alijoukon primäärikuvan viitekuvalistasta, josta on poistettu käytöstä ainakin yksi viitekuva; ja mainittu videosignaali käsittää lisäksi tiedon viitekuvien uudelleenjärjestelyprosessista ja käytettävistä viitekuvista; havaitaan ainakin osa mainitusta videodatasta kadonneeksi tai vahingoittuneeksi; määritetään ainakin yhden redundantin kuvan käsittävästä joukosta se redundantti kuva, joka dekodattuna parhaiten vastaa mainitun videodatan kadonnutta tai vahingoittunutta osaa; ja dekodataan mainitun videodatan kadonnut tai vahingoittunut osa määritettyyn redundanttiin kuvaan perustuen käyttämällä ainakin yhtä viitekuvaa, joka kuuluu mainitun redundantin kuvan viitekuvalistaan.
30
35

Tällöin saavutetaan se etu, että dekoderi osaa päätellä käytettävät viitekuvat ilman, että sen täytyy jäsentää ja dekodata makrolohko-tason dataa ja siten päätellä, mitkä redundantit kuvat voidaan dekodata oikein. Täten laskutoimitusten määrää vähennetään tunnetun tekniikan mukaiseen yritys- ja erehdys-menetelmään nähden huomattavasti.

Erään suoritusmuodon mukaisesti määritetään ainakin yhden redundantin kuvan käsittävästä joukosta ainakin yksi kuvan osa, joka kattaa mainitun videodatan kadonneen tai vahingoittuneen osan; muodostetaan mainitun kattavuuden tarjoavalle kuvan osalle viitekuvalista; ja vasteena sille, että viitekuvalistan kaikki viitekuvat on dekodattu oikein, dekodataan ainakin osa mainitun videodatan kadonneesta tai vahingoittuneesta osasta perustuen ainakin osaan mainitun kattavuuden tarjoavista viitekuvista.

Kuvioiden lyhyt selostus

Seuraavassa keksintöä kuvataan yksityiskohtaisemmin sen edullisten suoritusmuotojen yhteydessä viitaten oheisiin piirroksiin, joissa

kuvio 1 esittää kaavakuvana H.264:n toiminnollista rakennetta;

kuvio 2 esittää tunnetun tekniikan mukaisen tavan redundanttien kuvien linkittämiseksi viitekuviin;

kuvio 3 esittää keksinnön erään suoritusmuodon mukaisen esimerkin redundanttien kuvien linkittämiseksi viitekuviin;

kuvio 4 esittää vuokaavion, joka keksinnön erään suoritusmuodon mukaisesti havainnollistaa päättelyprosessia, jossa määritetään, mitkä tietyn kuvalle redundantisti koodatut viipaleet tulee dekodata;

kuvio 5 esittää keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaisen matkaviestinlaitteen lohkoakaaviota; ja

kuvio 6 esittää erästä videokuvan välitysjärjestelmää, jossa keksintöä voidaan soveltaa.

Keksinnön yksityiskohtainen selostus

Havainnollisuuden vuoksi keksintöä selostetaan seuraavassa käyttäen H.264-videokoodausta esimerkkinä. Keksintöä ei kuitenkaan ole rajoitettu vain H.264:ään, vaan sitä voidaan soveltaa kaikkiin videokoodausmenetelmiin, jotka tukevat redundanttikuvia. Keksintö on erityisesti sovellettavissa erilaisiin alhaisen bittinopeuden videokoodauksiin, joita käytetään tyypillisesti kaistarojitetuissa tietoliikennejärjestelmissä ja joissa tarvitaan tehokasta ajallisen virheen etenemisen estoa ja joissa ei tyypillisesti paluukanavaa käytössä. Näissä

järjestelmissä keksintö on sovellettavissa esimerkiksi videosovelluksen käsitävissä matkaviestimissä.

H.264-videokoodaus kuvataan keksinnön ja sen edullisten suoritusmuotojen ymmärtämisen kannalta riittäväksi tulkittavalla yksityiskohtaisuudella.

5 H.264:n toteutuksen tarkemman kuvauksen osalta viitataan dokumentteihin: ITU-T Recommendation H.264 and ISO/IEC International standard 14496-10:2003.

H.264:ssä kuvat koodataan käyttämällä luminanssi- ja kahta väri-erotus- (krominanssi) komponenttia (Y, CB ja CR). Krominanssikomponentit

10 näytteistetään molempien koordinaattiakselien suuntaisesti puolella resoluutiolla verrattuna luminanssikomponenttiin. Jokainen koodattu kuva, kuten myös vastaava koodattu bittivirta, on järjestetty neljä kerrosta käsittävään hierarkiseen rakenteeseen, jotka ovat ylhäältä alas luettuna kuvakerros, kuvasegmenttikerros, makrolohkokerros (MB) ja lohkokkerros. Kuvasegmenttikerros voi

15 olla joko lohkokkerrosten ryhmä tai viipalekerros. Jokainen viipale muodostuu makrolohkoista. Yksi makrolohko käsittää 16 X 16 pikseliä luminanssidataa ja ajallisesti vastaavat 8 X 8 pikseliä krominanssidataa.

Jokaisen viipaleen käsittämä data muodostuu viipaleen otsikosta ja sitä seuraavasta makrolohkojen datasta. Viipaleet määrittävät alueita koodatun kuvan sisällä. Jokainen alue muodostuu joukosta makrolohkoja normaalissa skannausjärjestyksessä. Saman koodatun kuvan viipalerajojen yli ei ole ennustusriippuvuuksia. Ajallinen ennustus voi kuitenkin yleisesti ottaen ylittää viipalerajat. Viipaleet voidaan dekodata itsenäisesti muusta kuvadatasta. Näin ollen viipaleet parantavat häviöllisten pakettiverkkojen virheensietokykyä.

20

JVT/H.26L:n toiminnollista rakennetta kuvataan viitaten kuvioon 1. JVT/H.26L:ssä videokoodauskerros (VCL), joka muodostaa videokuvasisällön vahvasti kompressoidun ydinesityksen, ja verkkosovituskerros (NAL), joka pakkaa tämän esityksen välitettäväksi tietyn tyyppisen verkon kautta, ovat toiminnoiltaan erotettu toisistaan.

25

VCL:n päätehtävänä on koodata videodataa tehokkaasti. Kuten edellä on kuitenkin kerrottu, tehokkaasti koodatussa datassa virheiden merkitys korostuu, joten mukaan liitetään tietoa mahdollisista virheistä. VCL pystyy keskeyttämään ennustukseen perustuvan koodausketjun ja suorittamaan toimenpiteitä havaittujen ja etenevien virheiden poistamiseksi. Tämä voidaan toteuttaa usealla tavalla: keskeytetään ajallinen ennustusketju ottamalla mukaan

30 intrakehyksiä ja intramakrolohkoja; keskeytetään spatiaalinen virheiden ete-

35

neminen ottamalla mukaan viipaleita; ja ottamalla mukaan itsenäisesti dekodattava vaihtuvanmittainen koodi, esimerkiksi ilman kehysten välillä tapahtuvaa adaptiivista aritmeettista koodausta.

VCL:n ulostulona saadaan koodattujen makrolohkojen vuo, jossa
 5 jokainen makrolohko on yhtenäinen datayksikkö. Jos optionaalinen viipaledatan ositustoiminto on käytössä, datan osituskerros (DPL, Data Partitioning Layer) järjestää symbolit uudestaan siten, että tietyn datatyypin (esim. DC-kerroimet, makrolohkojen otsikot, liikevektorit) kaikki yhteen viipaleeseen liittyvät symbolit kerätään samaan koodattuun bittivirtaan. Symbolit, joiden subjektiivinen
 10 ja/tai syntaktinen tärkeys dekodauksessa on suunnilleen samaa luokkaa, ryhmitellään yhteen osaan.

NAL kykenee muokkaamaan VCL:itä tai DPL:itä tulevan dataformaatin välitettäväksi useiden erilaisten verkkojen kautta. NAL-rakenne voi vastaanottaa videokoodaus- ja datan osituskerroksilta joko dataosituksia tai
 15 viipaleita, riippuen valitusta verkkosovitusratkaisusta. Datann ositus mahdollistaa subjektiivisesti ja syntaktisesti tärkeemmän datan lähettämisen erillään vähemmän tärkeästä datasta. Dekooderit eivät välttämättä kykene dekodamaan vähemmän tärkeää dataa ilman vastaanotettua tärkeämpää dataa. Kun bittivirtaa lähetetään virhealttiin verkon kautta, voidaan käyttää erilaisia keinoja
 20 tärkeemmän datan suojaamiseksi vähemmän tärkeää dataa paremmin.

NAL:n ulostulo voidaan siten syöttää erilaisiin siirtoformaatteihin. Videodata voidaan tallentaa tiedostomuotoon myöhempää katselua varten. Se voidaan myös kapseloida ITU-T H.223 multipleksausformaatin mukaisesti. RTP-siirtoformaatin suhteen on huomioitava, että RTP-siirtovuo ei käsitä lainkaan kuvakerrosta tai kuvien otsikkokenttiä. Perinteisesti kuva- ja jaksokerroksille kuulunut data lähetetään sen sijaan pääsääntöisesti kaistan ulkopuolisena datana. Lukuisia tällaisen datan kombinaatioita voidaan lähettää ja jokaista lähetettyä kombinaatiota kutsutaan parametrijoukoksi, joka numeroidaan. Käytössä oleva parametrijoukko identifioidaan sen jälkeen lähetetyssä viipaleen
 25 otsikkokentässä.

Kuten yllä on todettu, H.264 tukee viitekuvan valintaa. H.264-koodausstandardissa jokaiselle ennustettavalla kuvalla voi olla useita viitekuvia. Nämä viitekuvat järjestetään kahteen viitekuvalistaan, joita kutsutaan nimillä *RefPicList0* ja *RefPicList1*. Kummallakin viitekuvalistalla on alkuperäisjärjestys, jota voidaan muuttaa viitekuvalistan uudelleenjärjestelyprosessilla. Oletetaan
 35 esimerkiksi, että viitekuvalistan *RefPicList0* alkuperäisjärjestys on r_0, r_1, r_2, \dots ,

r_m , ja koodi 0 kuvaa r_0 :aa, koodi 1 kuvaa r_1 :tä jne. Jos kooderi tietää, että r_1 :tä käytetään useammin kuin r_0 :aa, voi se silloin järjestää listan uudelleen vaihtamalla r_0 :n ja r_1 :n paikkaa siten, että koodi 1 kuvaa r_0 :aa ja koodi 0 kuvaa r_1 :tä. Koska koodi 0 on koodipituudeltaan lyhyempi kuin koodi 1, saadaan aikaan

5 parantunut koodaustehokkuus. Viitekuvalistan uudelleenjärjestelyprosessi tulee signaloida bittivirran mukana (esimerkiksi viipaleotsikoissa), jotta dekooderi osaa päätellä oikean viitekuvan jokaisesta viitekuvalistan järjestyksestä.

H.264-koodausstandardin sekvenssiparametrijoukko käsittää syntaksielementin *num_ref_frames*, jonka arvo kertoo maksimiarvot lyhytaikaisten ja pitkäaikaisten viitekehysten, komplementaaristen viitekenttäparien ja parittomien viitekenttien lukumäärälle, joita kaikkia käytetään dekooodausprosessissa minkä tahansa sekvenssin käsittämän kuvan inter-ennustukseen.

10

Kuvaparametrijoukko käsittää syntaksielementin *num_ref_idx_l0_active_minus1*, jonka arvo määrittää maksimiviiteindeksin *RefPicList0*:lle. *RefPicList0*:aa ja mainittua maksimiviiteindeksiä käytetään kuvan jokaisen viipaleen dekoodaamisessa edellyttäen, että viipaleen *num_ref_idx_active_override_flag* on 0. Viitekuvalistalle 1 on olemassa vastaavanlainen parametri. Jos koodattujen kenttien käyttö on sallittu, maksimiviiteindeksi johdetaan *num_ref_idx_l0_active_minus1*:n arvosta.

15

Num_ref_idx_active_override_flag on liitetty viipaleen otsikkoon. Jos lipun arvo on 1, viitatussa kuvaparametrijoukossa määritetyt *num_ref_idx_l0_active_minus1*:n ja *num_ref_idx_l1_active_minus1*:n arvot syrjäytetään viipaleotsikoissa määritetyillä arvoilla.

20

Kooderi asettaa maksimiviiteindeksin siten, että viitekuvia on tarjolla ainakin vastaavan viitekuvalistan otsikossa osoitettu määrä. Maksimiviiteindeksi osoittaa, kuinka moneen viitekuvaan voidaan viitata (aktiiviset viitekuvat), jolloin listalla myöhemmin oleviin (aktiivisten viitekuvien jälkeisiin) viitekuvuihin ei voida viitata. Jos viitekuvalistan maksimiviiteindeksi on 0, viitekuvien viiteindeksiä ei signaloida liikevektoreille. H.264-koodausstandardi käsittää kaksi entropiakoodauksen moodia: moodi 0 perustuu exp-Golomb-koodeihin ja ns. CAVLC:een ja moodi 1 perustuu ns. kontekstisovitettuun entropiakoodaukseen (CABAC). H.264-koodausstandardissa määritetään, että jos käytetään entropiakoodausmoodia 0, maksimiviiteindeksi määrittää kullekin makrolohkolle tai ali-makrolohkolle käytettävän viiteindeksin koodausmenetelmän. Jos

25

30

35

maksimiviiteindeksi on 1, käytetään yhtä bittiä signaloimaan, kumpaa kahdesta viitekuvasta käytetään. Jos maksimiviiteindeksi on suurempi kuin 1, käy-

tään exp-Golomb-koodia signaloimaan käytettävä viitekuva (tarkempien yksityiskohtien osalta kts. H.264-koodausstandardin kappale 9.1).

Jos koodatulle viipaleelle tai kuvalle käytetään vain yhtä viitekuva, on kompressiotehokkuuden kannalta edullista asettaa maksimiviiteindeksin arvoksi 0. Jos koodatulle viipaleelle tai kuvalle käytetään kahta viitekuva ja samalla käytetään entropiakoodausmoodia 0, on kompressiotehokkuuden kannalta edullista asettaa maksimiviiteindeksin arvoksi 1. Muussa tapauksessa maksimiviiteindeksin arvolla ei käytännössä ole vaikutusta kompressiotehokkuuteen.

H.264-koodausstandardin tukee myös redundanttien kuvien käyttöä. Redundantti kuva on redundanttisti koodattu esitys kuvasta, ts. primäärikuvasta, tai kuvan osasta (esim. yksi tai useampia makrolohkoja). Jotta kuva voidaan suojata lähetysvirheiltä, voidaan sille koodata useita redundantteja kuvia, jotka vastaavat primäärisesti koodattua esitystä (ts. primäärikuvaa). Primäärikuvan redundanttien kuvien lukumäärä voidaan asettaa arvioidun tai tunnetun virhesuhteen mukaan; mitä suurempi virhesuhde, sitä suurempi tulee lukumäärän olla.

Kuviossa 2 havainnollistetaan tyypillistä tapaa redundanttien kuvien linkittämiseksi viitekuviin. Primääri- ja redundanttien kuvien lista käsittää primäärikuvan p_0 ja kolme primäärikuvalla p_0 koodattua redundanttia kuvaa p_1 , p_2 , p_3 . Viitekuvalista käsittää käänteisessä dekodausjärjestyksessä neljä viitekuva r_0 , r_1 , r_2 , r_3 . Kaikki redundantit kuvat p_1 , p_2 , p_3 viittaavat samoihin viitekuviin kuin primäärikuva; ts. jokaisen redundantin kuvan p_1 , p_2 , p_3 viitekuvalista käsittää kaikki neljä viitekuva r_0 , r_1 , r_2 , r_3 .

Jos primäärikuvan p_0 dekodaus ei onnistu, tulee dekooderin dekodata jokin redundantteista kuvista p_1 , p_2 , p_3 dekodatun primäärikuvan p_0 puuttuvien tai virheellisten alueiden korvaamiseksi. Tyypillisimmin primäärikuvan p_0 dekodausvirheen aiheuttaa se, että viimeisin viitekuva r_0 puuttuu tai sitä ei voida dekodata. Tällöin dekooderin tulee valita jokin virheettömästi vastaanotetuista redundantteista kuvista, joiden viitekuvat on dekodattu virheettömästi. Koska käytettävistä viitekuvista ei saada tietoa ilman, että makrolohkotason data jäsennetään ja dekodataan, suoritetaan sopivan redundantin kuvan valintaprosessi tyypillisesti yrityksen ja erehdyksen kautta; ts. yritetään dekodata jokin redundantteista kuvista ja jos dekodaus epäonnistuu johtuen puuttuvasta tai virheellisestä dekodatusta viitekuvasta, yritetään dekodata seuraava redundantti kuva jne. Tällainen prosessi aiheuttaa turhia laskutoimi-

tuksia dekooderissa. Lisäksi saattaa olla, ettei sopivaa redundanttia kuvaa ole edes olemassa.

Keksinnön erään aspektin mukaisesti ajallisen virheen eteneminen redundantisti koodattujen kuvien yhteydessä estetään tehokkaasti siten, että
 5 yksi tai useampia viimeisimpiä viitekuvia poistetaan käytöstä redundantin kuvan viitekuvalistalta, jolloin valittaessa viitekuvia redundantin kuvan viitekuvalistalle, ainakin primäärikuvan p_0 viimeisin viitekuva on poistettu käytöstä ainakin yhden redundantin kuvan p_i viitekuvalistalta.

Jos tällöin dekoodausjärjestyksessä viimeinen viitekuva kadotetaan
 10 eikä primäärikuvaa voida rekonstruoida oikein, voidaan oikean kuvan muodostamiseen käyttää redundanttia kuvaa, joka ei viittaa viimeisimpään viitekuvaan. Täten ajallista virheen leviämistä viimeisimmästä viitekuvasta senhetkiseen ja sitä seuraaviin kuviin voidaan vähentää tai se voidaan kokonaan pysäyttää.

Redundantin kuvan viitekuvalistalta poistettavaksi asetettavien viitekuvien lukumäärä riippuu lähetysvirheolosuhteista. Esimerkiksi N :n peräkäisen viitekuvan puuttumisesta aiheutuva ajallisen virheen etenemisen estäminen edellyttää sellaisen redundantin kuvan käyttöä, jonka viitekuvalistalta on poistettu käytöstä N viimeistä viitekuvaa. Lukumäärää rajoittavat seuraavat ehdot: kyseessä olevalta viitekuvalistalta tulee poistaa käytöstä vähintään yksi
 20 viitekuva (ts. dekoodausjärjestyksessä viimeisin, r_0), mutta vähemmän kuin viitekuvien kokonaismäärä listalla. Jos käytetään esimerkiksi neljää viitekuvaa r_0, r_1, r_2, r_3 , voidaan silloin korkeintaan kolme näistä poistaa käytöstä. Tilanteesta riippuen, useimmissa tapauksissa käytöstä poistettavien viitekuvien lukumäärä vaihtelee edullisesti välillä 1 - 5, mutta se voi olla myös enemmänkin.

Erään suoritusmuodon mukaisesti redundantin kuvan viitekuvat valitaan seuraavasti: Oletetaan, että primääri- ja redundanttien kuvien lista käsittää kuvat $p_0, p_1, p_2, \dots, p_n$, joista p_0 on primäärikuva ja p_i on i :s redundantti kuva. Edellä mainittujen rajoitteiden mukaisesti ainakin yhden redundantin kuvan p_i ($i \geq 1$) tulee käyttää alijoukkoa niistä viitekuvista, joihin primäärikuva p_0 viittaa,
 30 jolloin käytöstä poistetaan yksi tai useampia viitekuvia dekoodausjärjestyksessä. Jos esimerkiksi tarjolla oleva viitekuvalista käsittää käänteisessä dekoodausjärjestyksessä $r_0, r_1, r_2, \dots, r_m$, silloin primäärikuva voi käyttää näitä kaikkia viitekuvinaan. Tällöin on kuitenkin oltava ainakin yksi redundantti kuva, sanokaamme esimerkiksi toinen redundantti kuva p_2 , joka ei voi käyttää ensimmäisiä n_1 :tä ($n_1 > 0$) viitekuvaa. Kaikki muut redundantit kuvat voidaan koodata viittaamaan mihin tahansa viitekuviin. Tällöin joka tapauksessa on olemassa ai-

nakin yksi redundantti kuva (p_2), jonka viitekuvalistalta on poistettu käytöstä ainakin dekodausjärjestyksessä viimeisin viitekuva, jolloin tätä kyseistä redundanttia kuvaa (p_2) voidaan käyttää senhetkisen kuvan konstruoimiseen.

Erään toisen suoritusmuodon mukaisesti redundantin kuvan viitekuvat voidaan valita myös seuraavasti: Oletetaan jälleen, että primääri- ja redundanttien kuvien lista käsittää kuvat $p_0, p_1, p_2, \dots, p_n$, joista p_0 on primäärikuva ja p_i on i :s redundantti kuva. Nyt minkä tahansa redundanteista kuvista p_i ($i \geq 1$) tulee käyttää alijoukkoa niistä viitekuvista, joihin edellinen redundantti kuva p_{i-1} viittaa, jolloin käytöstä poistetaan yksi tai useampia viitekuvia dekodausjärjestyksessä. Jos esimerkiksi tarjolla oleva viitekuvalista käsittää käänteisessä dekodausjärjestyksessä $r_0, r_1, r_2, \dots, r_m$, silloin primäärikuva voi käyttää näitä kaikkia viitekuvinaan, ensimmäinen redundantti kuva ei voi käyttää ensimmäisiä n_1 :tä ($n_1 > 0$) viitekuvaa, toinen redundantti kuva ei voi käyttää ensimmäisiä n_2 :tä ($n_2 > n_1$) viitekuvaa jne. Näin ollen voidaan olla varmoja, että useimmissa tilanteissa ainakin yhden redundantin kuvan viitekuvat on asetettu ajallisesti niin aikaiseksi, että primäärikuvan dekodauksen epäonnistumisen aiheuttava virhe ei ole todennäköisesti tapahtunut kyseisissä viitekuvissa. Tällöin kyseistä redundanttia kuvaa voidaan käyttää senhetkisen kuvan konstruoimiseen.

On kuitenkin huomattava, että jos viitekuvalistalta poistetaan useita viitekuvia, ei näiden välttämättä tarvitse olla käänteisessä dekodausjärjestyksessä. Jos esimerkiksi viitekuvalista käsittää käänteisessä dekodausjärjestyksessä kuvat r_0, r_1, r_2, r_3 , on tällöin viitekuvien r_0 ja r_3 poistaminen käytöstä riittävä ennakkoehto viitekuvasta r_0 lähtevän virheen etenemisen pysäyttämiseksi.

Erään suoritusmuodon mukaisesti viitekuvalistan uudelleenjärjestelyprosessi suoritetaan jokaiselle viitekuvalistalle siten, että

- muodostuvan viitekuvalistan alkupää käsittää käytettävät viitekuvat ja muodostuvan viitekuvalistan loppupää käsittää käyttämättömät viitekuvat; ja

- aktiivisten viitekuvien lukumäärä (vastaa maksimiviiteindeksiä, joka on määritelty syntaksielementeillä *num_ref_idx_l0_active_minus1* ja *num_ref_idx_l1_active_minus1* kuvaparametrijoukossa tai viipaleotsikossa) vastaa käytettyjen viitekuvien lukumäärää. On huomattava, että näin tehdään siitä riippumatta, onko tällä mitään vaikutusta tai jopa hieman heikentävä vaikutus (viipaleotsikon ylimääräisestä signaloinnista johtuen) kompressiotehokkuuteen.

Erään suoritusmuodon mukaisesti viitekuvalistan uudelleenjärjestelyprosessi voidaan suorittaa seuraavasti: Jos ensimmäisiä n_i :tä viitekuva ei tule käyttää, silloin nämä viitekuvat poistetaan käytöstä viitekuvalistalta. Jos esimerkiksi tietylle redundantille kuvalle ei tule käyttää ensimmäistä kahta viitekuvaa, järjestetään viitekuvalista uudelleen siten, että koodi 0 kuvaa r_2 :ta, koodi 1 kuvaa r_3 :a, jne. Lisäksi aktiivisten viitekuvien lukumäärä (vastaa maksimiviiteindeksiä, joka on määritetty kuvaparametrijoukon tai viipaleotsikon *num_ref_idx_l0_active_minus1* ja *num_ref_idx_l1_active_minus1* syntaksielementeissä) vastaa niiden listalla olevien viitekuvien lukumäärä, joita voidaan käyttää inter-ennustukseen. Näin dekooderi pystyy edullisesti päättelemään, mitkä viitekuvat ovat käytössä ja mitkä eivät ilman, että makrotason data tulee jäsentää dekodata. Lisäksi viitekuvien uudelleenjärjestely parantaa koodaus-
 5 tehokkuutta soveltamalla lyhyempiä koodeja.

Edellä kuvattu suoritusmuotoja havainnollistetaan edelleen kuvion 3
 15 kuvaamassa esimerkissä. Primääri- ja redundanttien kuvien lista käsittää primäärikuvan p_0 ja kyseiselle primäärikuvalle koodatut kolme redundanttia kuvaa p_1 , p_2 ja p_3 . Viitekuvalista käsittää käänteisessä dekodausjärjestyksessä viisi viitekuvaa r_0 , r_1 , r_2 , r_3 , r_4 . Primäärikuva p_0 käyttää kaikkia viitekuvia, näin ollen sen viitekuvalista käsittää viitekuvat r_0 , r_1 , r_2 , r_3 , r_4 . Keksinnön erään aspektin mukaisesti, jos olemassa olevien tai odotettujen virheolosuhteiden perusteella arvioidaan, että on mahdollista kadottaa kaksi peräkkäistä viitekuvaa ja p_1 :tä on tarkoitus käyttää tällaisen virheen etenemisen pysäyttämiseen, silloin tulee p_1 :n viitekuvalistan käytöstä poistaa kaksi ensimmäistä viitekuvaa käänteisessä dekodausjärjestyksessä. Täten ensimmäisen redundantin kuvan p_1 viitekuvalista käsittää viitekuvat r_2 , r_3 , r_4 . Tämän jälkeen viitekuvien uudelleenjärjestelyprosessi voidaan suorittaa ensimmäisen redundantin kuvan p_1 viitekuvalistalle siten, että koodi 0 kuvaa r_2 :ta, koodi 1 kuvaa r_3 :a ja koodi 2 kuvaa r_4 :ää. On kuitenkin mahdollista, että koodi 0 kuvaa r_3 :a, ja koodi 1 kuvaa r_2 :ta, jos r_3 :a käytetään useammin kuin r_2 :ta. Ensimmäisen redundantin kuvan p_1 viitekuvalistan alkupää käsittää aktiiviset viitekuvat r_2 , r_3 , r_4 ja viitekuvalistan loppupää käsittää ei-aktiiviset viitekuvat r_0 , r_1 .
 20
 25
 30

Tässä esimerkissä seuraaville redundantteille kuville sovelletaan sääntöä, jonka mukaan minkä tahansa redundantteista kuvista p_i ($i \geq 1$) tulee käyttää alijoukkoa niistä viitekuvista, joihin edellinen redundantti kuva p_{i-1} viittaa. Tällöin toisen redundantin kuvan p_2 viitekuvalista voi käsittää ainoastaan alijoukon ensimmäisen redundantin kuvan p_1 viitekuvalistasta siten, että aina-
 35

kin ensimmäinen viitekuva r_2 on poistettu käytöstä. Näin ollen tässä tapauksessa toisen redundantin kuvan p_2 viitekuvalista käsittää viitekuvat r_3 , r_4 . Jälleen viitekuvien uudelleenjärjestelyprosessi suoritetaan toisen redundantin kuvan p_2 viitekuvalistalle siten, että koodi 0 kuvaa r_3 :a ja koodi 1 kuvaa r_4 :ää. On kuitenkin mahdollista, että koodi 0 kuvaa r_4 :ää ja koodi 1 kuvaa r_3 :a, jos r_4 :ää käytetään useammin kuin r_3 :a.

Samoja sääntöjä sovelletaan kolmannelle redundantille kuvalle p_3 , jonka seurauksena viitekuvalista käsittää ainoastaan viitekuvan r_4 , jolle määritetään koodi 0.

Erään toisen suoritusmuodon mukaisesti primäärikuva ja ainakin yksi mainittuun primäärikuvaan liittyvä redundantti kuva koodataan SP/SI-kuviksi. SP/SI-kuva koodataan siten, että toisella SP/SI-kuvalla, joka käyttää eri viitekuvia, voi olla täsmälleen sama rekonstruoitu kuva. SP/SI-kuvia voidaan käyttää bittivirran vaihtoon, bittivirtojen limittämiseen, hajasaantikohtien luomiseen, pikakelaukseen eteen- ja taaksepäin ja virhetilanteesta palautumiseen. SP-kehukset ovat muuten samanlaisia kuin tavalliset aiemmista kehyksistä ennustetut P-kehukset, paitsi että ne on määritelty korvattaviksi toisella SP- tai SI-tyyppin kehyksellä, jonka toisen kehyksen dekodaus muodostaa identtisen kehyksen videovirrassa alun perin olleen kehyksen kanssa. Oletetaan esimerkiksi, että käytetään kahta eri bittinopeudella olevaa videovirtaa, vs_1 ja vs_2 , jotka molemmat tulevat samasta kompressoimattomasta videosekvenssistä. Videovirtaan vs_1 koodataan SP-kuva (s_1) ja toinen SP-kuva (s_2) koodataan samaan kohtaan toiseen videovirtaan vs_2 . Videovirtaan vs_1 koodataan ylimääräinen SP-kuva (s_{12}), jonka rekonstruoitu kuva on täsmälleen sama kuin s_2 :lla. s_1 ja s_2 käyttävät eri viitekuvia (vs_1 :stä ja vastaavasti vs_2 :sta). Tällöin vaihto vs_1 :stä vs_2 :een voidaan suorittaa lähettämällä vaihtokohdassa s_1 :n sijasta s_{12} . Koska s_{12} :lla on sama rekonstruoitu kuva kuin s_2 :lla, ovat vaihdon jälkeiset rekonstruoidut kuvat virheettömiä.

SP/SI-kehysten käyttäminen redundanttien kuvien yhteydessä saa aikaan sen edun, että ajautumisvirhe voidaan pysäyttää. Redundantin kuvan dekodauksen tuloksena voi muodostua vastaavasta primäärikuvaista poikkeava rekonstruktio. Jos tällaista virheellisesti dekodattua redundanttia kuvaa käytetään senhetkisen kuvan rekonstruoimiseen ja myöhemmin tulevien kuvien viitekuvana, muodostuu virheellisen viitekuvan ja virheettömän viitekuvan tapausten välille epätarkkuus, joka dekodauksen edetessä kulkeutuu mukana. Tällaista epätarkkuutta kutsutaan ajautumisvirheeksi. Ajautumisvirhe voi-

daan pysäyttää siten, että koodataan tietyin väliajoin primäärikuva ja siihen liit-
tyvät redundantit kuvat SP/SI-kuviksi, jolloin niiden pohjalta saadaan täsmäl-
leen sama rekonstruktio. Tällöin jos joko primäärikuva tai jokin sen redundan-
teista kuvista saadaan rekonstroitua oikein, ei senhetkiseen kuvaan muodostu
5 epätarkkuuksia ja ajautumisvirhe saadaan pysäytettyä.

Edellä on kuvattu virhesietoinen videokoodausmenetelmä, jossa
käytetään redundantteja kuvia. Täsmällisemmin sanottuna tämä suoritetaan
videokooderissa, joka voi olla jokin sinänsä tunnettu videokooderi. Käytettävä
videokooderi voi olla esimerkiksi H.264 standardisuosituksen mukainen video-
10 kooderi, joka keksinnön mukaisesti on järjestetty koodaamaan mainittu video-
data siten, että tietty määrä viitekuvia poistetaan käytöstä mainitun ainakin yh-
den redundantin kuvan viitekuvalistalta, joka määrä on ainakin yksi, mutta vä-
hemmän kuin mainitun viitekuvalistan viitekuvien kokonaismäärä.

Keksinnön erään toisen aspektin mukaisesti esitetään menetelmä
15 sen päättämiseksi, mikä primäärikuvalla koodatuista monista redundanteista
kuvista tai sen osista tulisi dekodata, mikäli primäärikuvan dekodaus epäon-
nistuu. Menetelmä perustuu keksinnön ensimmäisen aspektin mukaisesti koo-
datun videosekvenssin analysointiin, jossa videosignaalin mukana signaloi-
daan tieto käytettävien tai aktiivisten viitekuvien lukumäärästä ja viitekuvien
20 uudelleenjärjestelyprosessista. Tällöin saavutetaan se etu, että dekoderi
osaa päätellä käytettävät viitekuvat ilman, että sen täytyy jäsentää ja dekooda-
ta makrolohko-tason dataa ja siten päätellä, mitkä redundantit kuvat voidaan
dekoodata oikein.

Dekoodattaessa jokaista kuvaa saattaa muodostua tilanne, jossa
25 primäärikuvaa ei pystytä rekonstruoimaan oikein. Tämä voi johtua esimerkiksi
primäärikuvan osan (esim. yhden tai useamman viipaleen) katoamisesta tai
jonkin primäärikuvan käyttämän viitekuvan rekonstruoimisen epäonnistumisesta.
Kuten edellä on mainittu, ajallinen ennustus suoritetaan tyypillisesti makro-
lohkotasolla, jotka makrolohkot on ryhmitelty viipaleiksi, jolloin kullakin viipa-
30 leella voi olla oma viitekuvalistansa.

Kuvio 4 esittää vuokaavion, joka havainnollistaa erästä suoritus-
muotoa päättelyprosessista, jossa päätellään, mikä tietylle kuvalle redundan-
tisti koodatuista viipaleista tulisi dekodata. Lähtökohtana (400) on tilanne, jos-
sa primäärikuvaa ei pystytä rekonstruoimaan oikein, vaan kuvaan jää puuttuva
tai virheellinen alue. Bittivirheellisesti koodatut viipaleet oletetaan hyläytyiksi en-
35 nen niiden syöttämistä dekoderiin, jolloin redundanteissa viipaleissa ei ole

bittivirheitä. Prosessi aloitetaan järjestämällä yksittäisten redundanttien kuvien (ts. niiden joilla on sama arvo *redundant_pic_cnt*) viipaleet siten, että niiden ensimmäiset makrolohko-osoitteet (*first_mb_in_slice* syntaksielementti) ovat laskevassa järjestyksessä (402).

5 Sen jälkeen tutkitaan kuvan ensimmäinen redundantti viipale. Aluksi tutkitaan, kattaako redundantin viipaleen koko viipaleryhmä puuttuvan tai virheellisen alueen kuvasta (404). Jos ei, tätä redundanttia viipaletta ei dekoddata (406). Sen jälkeen tutkitaan, sijaitseeko viipaleen ensimmäinen makrolohko kuvan puuttuvan tai virheellisen alueen viimeisen makrolohkon jälkeen rasteri-
10 kuvausjärjestyksessä (408). Jos sijaitsee, tätä redundanttia viipaletta ei dekoddata (406). Lopuksi tutkitaan, sijaitseeko saman viipaleryhmän seuraavan viipaleen ensimmäinen makrolohko ennen kuvan puuttuvan tai virheellisen alueen ensimmäistä makrolohkoa rasterikuvausjärjestyksessä (410). Taas mikäli sijaitsee, tätä redundanttia viipaletta ei dekoddata (406)

15 Jos edellä huomataan, että viipaletta voidaan käyttää kuvan puuttuvan tai virheellisen alueen rekonstruoimiseen, muodostetaan (412) viipaleelle viitekuvalista (*RefPicList0*). Jos jokin mainitun viipaleen aktiivisista viitekuvista puuttuu tai on virheellisesti dekodattu (414), ei kyseistä redundanttia viipaletta dekoddata, vaan se siirretään (loogisesti) toissijaiselle redundanttisti koodattujen viipaleiden listalle (416).

20 Jos yksikään viitekuvalistalla (*RefPicList0*) olevista aktiivisista viitekuvista ei puutu tai ei ole virheellisesti dekodattu, dekodataan tämä redundantti viipale (418). Kaikki aiemmin virheellisesti dekodatut makrolohkot liitetään korjattuna dekodattuun kuvaan, joka syötetään ulostuloon myöhemmin.
25 Tämän jälkeen tarkistetaan, onko koko kuva-alue virheettömästi dekodattu (420), mihin vasteena prosessi lopetetaan (422); jos taas ei, tarkistetaan onko kuvalle jäljellä yhtään redundanttisti koodattua viipaletta (424), jolloin seuraavan viipaleen tutkiminen (426) alkaa alusta (404). Edellä kuvattua prosessia jatketaan niin kauan kunnes onko koko kuva-alue on virheettömästi dekodattu tai kuvalle ei ole jäljellä yhtään redundanttisti koodattua viipaletta.
30

35 Jos kuitenkin havaitaan, että koko kuva-aluetta ei ole virheettömästi dekodattu, mutta toissijaisella redundanttisti koodattujen viipaleiden listalla on ainakin yksi redundantti viipale (428), otetaan mainitulta listalta ensimmäinen viipale (430) ja dekodataan se (418). Tämä prosessi suoritetaan kaikille toissijaisella redundanttisti koodattujen viipaleiden listalla oleville viipaleille. Tämä tehdään edullisesti siksi, että jokin viitekuvan alueista eivät virheellisiä ja näin

ollen mahdollista saada aikaan vähemmällä virheillä muodostuvia makrolohkoja dekoddaamalla toissijaisella listalla olevia viipaleita. Oikein rekonstroituva alue on voinut kasvaa sen jälkeen, kun tietty viipale on liitetty toissijaiselle redundantisti koodattujen viipaleiden listalle. Jonkin toisen redundantin viipaleen dekoddaaminen myöhemmässä vaiheessa on saattanut tehdä toissijaiselle redundantisti koodattujen viipaleiden listalle liitetyn viipaleen tarpeettomaksi.

Jos kuitenkin huomataan, että koko kuva-aluetta ei ole virheettömästi dekodattu, voidaan virheelliset makrolohkot piilottaa (432). Tämä on erityisen tärkeää sellaisille makrolohkoille, joita ei ole lainkaan vastaanotettu.

Edellä kuvattua prosessia on havainnollistettu jollakin termeillä ja määritteillä, jotka on määritelty erityisesti H.264-koodausstandardin yhteydessä. Esimerkiksi kun käytetään redundantteja kuvia, ne asetetaan laskevaan järjestykseen H.264-spesifisen arvon *redundant_pic_cnt* mukaisesti. Arvoa *redundant_pic_cnt* käytetään yhdistämään jokin viipale tiettyyn redundanttiin kuvaan ja löytämään redundantin kuvan aloituskohta videosekvenssissä. Toeutusta ei kuitenkaan rajoiteta pelkästään H.264:ään, vaan keksinnöllinen konsepti voidaan yleistää mihin tahansa videosekvenssien dekodausprosessiin, jossa käytetään redundantteja kuvia.

Edellä kuvattu menetelmä sen päättelemiseksi, mikä redundantti kuva tulisi dekoddata, tarjoaa useita etuja. Jos esimerkiksi dekodausjärjestyksessä viimeinen viitekuva kadotetaan, ei primäärikuvaa tyypillisesti voida rekonstruoida oikein. Tällöin voidaan oikean kuvan muodostamiseen käyttää redundanttia kuvaa, joka ei viittaa viimeisimpään viitekuvaan. Täten ajallista virheen etenemistä viimeisimmästä viitekuvasta senhetkiseen ja sitä seuraaviin kuviin voidaan vähentää tai se voidaan kokonaan pysäyttää. Lisäksi verrattuna tunnetun tekniikan mukaiseen yritys-ja-erehdys-menetelmään määritettäessä dekodattavia redundantteja kuvia, saavutetaan huomattava vähennys dekooderin suorittamien laskutoimitusten määrässä.

Dekodausprosessi suoritetaan todellisuudessa videodekooderissa, joka voi olla jokin sinänsä tunnettu videodekooderi. Käytettävä videodekooderi voi olla esimerkiksi H.264-standardisuosituksen mukainen alhaisen bittinopeuden videodekooderi, joka keksinnön mukaisesti on järjestetty vastaanottamaan videodataa, joka on koodattu siten, että mainitun ainakin yhden redundantin kuvan viitekuvalista käsittää alijoukon primäärikuvan viitekuvalistasta, josta on poistettu käytöstä ainakin yksi viitekuva; ja mainittu videosignaali käsittää lisäksi tiedon viitekuvien uudelleenjärjestelyprosessista ja käytettävistä viite-

kuvista; havaitsemaan ainakin osa mainitusta videodatasta kadonneeksi tai vahingoittuneeksi; määrittämään ainakin yhden redundantin kuvan käsittäväs-
tä joukosta se redundantti kuva, joka dekodattuna parhaiten vastaa mainitun
videodatan kadonnutta tai vahingoittunutta osaa; ja dekodamaan mainitun
5 videodatan kadonnut tai vahingoittunut osa määritettyyn redundanttiin kuvaan
perustuen käyttämällä ainakin yhtä viitekuvaa, joka kuuluu mainitun redun-
dantin kuvan viitekuvalistaan.

Sekä videokooderi että videodekooderi voidaan toteuttaa myös si-
ten, että ne sijaitsevat erillisessä yksikössä, kuten päätelaitteen alayksikössä
10 tai moduulissa, jolloin videokooderin tai videodekooderin toiminnallisuudet voi-
daan toteuttaa päätelaitteessa, kuten matkaviestimessä, liittämällä tämä erilli-
nen yksikkö päätelaitteeseen. Yksikkö voi olla päätelaitteen itsenäi-
sen, erotettavissa oleva osa tai se voi olla päätelaitteeseen integroitu kiinteä
osa.

15 Videopohjaisen tietoliikennejärjestelmän eri osat, erityisesti pääte-
laitteet, voivat käsittää ominaisuuksia, jotka mahdollistavat multimediatiedosto-
jen kaksisuuntaisen siirron, ts. tiedostojen siirron ja vastaanottamisen. Tällöin
kooderi ja dekodeeri voidaan toteuttaa videokoodekkina, joka käsittää sekä
kooderin että dekodeerin toiminnallisuudet.

20 On huomattava, että edellä mainituissa videokooderissa, videode-
kooderissa ja päätelaitteessa keksinnön toiminnalliset osat voidaan edullisesti
toteuttaa ohjelmistona, laitteistoratkaisuna tai näiden yhdistelmänä. Keksinnön
mukaiset koodaus- ja dekodausmenetelmät sopivat erityisen hyvin toteutet-
tavaksi tietokoneohjelmina, jotka käsittävät tietokoneella luettavia käskyjä kek-
25 sinnön toiminnallisten askelten suorittamiseksi. Kooderi ja dekodeeri voidaan
edullisesti toteuttaa tietokoneohjelmakoodina, joka on tallennettu tallennusvä-
lineelle ja jota voidaan suorittaa tietokoneen kaltaisella laitteella, kuten henki-
lökohtaisella tietokoneella (PC) tai matkaviestimellä, koodaus/ dekodausstoi-
mintojen aikaansaamiseksi mainitussa laitteessa.

30 Kuvio 5 esittää keksinnön edullisen suoritusmuodon mukaisen mat-
kaviestinlaitteen MS lohkokaaaviota. Matkaviestinlaitteessa keskusohjausyksik-
kö MCU ohjaa lohkoja, jotka vastaavat matkaviestinlaitteen useista toiminnois-
ta: luku-kirjoitusmuistia RAM, radiotaajuusosia RF, lukumuistia ROM, video-
koodekkia CODEC ja käyttöliittymää UI. Käyttöliittymä käsittää näppäimistön
35 KB, näytön DP, kaiuttimen SP ja mikrofonin MF. MCU on mikroprosessori, tai
vaihtoehtoisissa toteutusmuodoissa jokin muu prosessori, esimerkiksi digitaal-

linen signaalinkäsittelyprosessori. MCU:n ohjauskomennot on edullisesti tallennettu etukäteen ROM-muistiin. Käskyjensä (ts. tietokoneohjelman) mukaisesti MCU käyttää RF-lohkoa datan lähettämiseen ja vastaanottamiseen radiotien yli. Videokoodekki voi olla toteutettu joko laitteistoratkaisuna tai kokonaan tai osittain ohjelmistoratkaisuna, jolloin CODEC käsittää tietokoneohjelmia MCU:n ohjaamiseksi suorittamaan tarvittavia videokoodaus- ja dekodaustoimintoja. MCU käyttää RAM:a työmuistinaan. Matkaviestinlaite voi siepata liikkuvaa kuvaa videokameralla ja koodata sekä paketoida liikkuvan videon MCU:n, RAM:n ja CODEC-ohjelmiston avulla. RF-lohkoa käytetään sen jälkeen koodattujen videotiedostojen lähettämiseen eri osapuolten kesken.

Kuvio 6 esittää videolähetyjärjestelmän 60, joka käsittää useita matkaviestinlaitteita MS, matkaviestinverkon 61, Internetin 62, videopalvelimen 63 ja Internetiin yhteydessä olevan kiinteän tietokoneen PC. Videopalvelin käsittää videokooderin ja se voi välittää tilausvideolähetyksiä, kuten sääennusteita tai uutisia.

Keksintö voidaan myös toteuttaa videodataa käsittävänä videosignaalinä, joka videodata käsittää ainakin yhden primäärikuvan ja ainakin yhden mainitun primäärikuvan informaatioisisältöä vastaavan redundantin kuvan, jonka viitekuvalista käsittää useita viitekuvia. Videosignaali käsittää lisäksi mainitun ainakin yhden redundantin kuvan viitekuvalistan, joka käsittää alijoukon primäärikuvan viitekuvalistasta, josta on poistettu käytöstä ainakin yksi viitekuva; ja tiedon viitekuvien uudelleenjärjestelyprosessista ja käytettävistä viitekuvista. Videosignaali voi olla reaaliaikaisesti lähetetty signaali tai se voidaan tallentaa tietokoneen luettavassa muodossa tallenteelle, kuten massamuistiin tai toistettavalle DVD-levylle.

Alan ammattimiehelle on ilmeistä, että tekniikan kehittyessä keksinnön perusajatus voidaan toteuttaa lukuisilla eri tavoilla. Näin ollen keksintö ja sen suoritusmuodot eivät rajoitu vain edellä kuvattuihin esimerkkeihin, vaan ne voivat vaihdella patenttivaatimusten puitteissa.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä videodatan koodaamiseksi, joka videodata käsittää ainakin yhden primäärikuvan ja ainakin yhden mainitun primäärikuvan informaatioisisältöä vastaavan redundantin kuvan, jonka viitekuvalista käsittää useita viitekuvia, t u n n e t t u siitä, että

koodataan mainittu videodata siten, että tietty määrä viitekuvia poistetaan käytöstä mainitun ainakin yhden redundantin kuvan viitekuvalistalta, joka määrä on ainakin yksi, mutta vähemmän kuin mainitun viitekuvalistan viitekuvien kokonaismäärä.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että

koodataan mikä tahansa seuraava mainitun primäärikuvan informaatioisisältöä vastaava redundantti kuva siten, että mainitun seuraavan redundantin kuvan viitekuvalista käsittää edellisen redundantin kuvan viitekuvalistan alijoukon poistamalla käytöstä ainakin yksi viitekuva.

3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että

poistetaan viitekuvia käytöstä mainitulta viitekuvalistalta käänteisessä dekodausjärjestyksessä.

4. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että

järjestetään viitekuvat uudelleen mainitulle viitekuvalistalle määrittämällä pienin koodi-indeksi ensimmäiselle tai useimmin käytetylle viitekuvalle.

5. Patenttivaatimuksen 4 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että

sijoitetaan käytettävät viitekuvat mainitun viitekuvalistan alkuun ja käyttämättömät viitekuvat mainitun viitekuvalistan loppuun.

6. Patenttivaatimuksen 4 tai 5 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että

asetetaan aktiivisten viitekuvien lukumäärä vastaamaan käytettävien viitekuvien lukumäärää.

7. Jonkin patenttivaatimuksen 4 - 6 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että

liitetään tieto mainitusta uudelleenjärjestelyprosessista ja käytettävistä viitekuvista mainitun koodatun videodatan käsittämiin viipaleotsikoihin.

8. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että

5 koodataan mainittu ainakin yksi primäärikuva ja mikä tahansa mainitun primäärikuvan informaatioisisältöä vastaava redundantti kuva mainittuun videodataan SP/SI-kuvana.

9. Videokooderi, joka on järjestetty koodaamaan videodataa, joka videodata käsittää ainakin yhden primäärikuvan ja ainakin yhden mainitun primäärikuvan informaatioisisältöä vastaavan redundantin kuvan, jonka viitekuvalista käsittää useita viitekuvia, tunnettu siitä, että

10 videokooderi on lisäksi järjestetty koodaamaan mainittu videodata siten, että tietty määrä viitekuvia poistetaan käytöstä mainitun ainakin yhden redundantin kuvan viitekuvalistalta, joka määrä on ainakin yksi, mutta vähemmän kuin mainitun viitekuvalistan viitekuvien kokonaismäärä.

15 10. Patenttivaatimuksen 9 mukainen videokooderi, tunnettu siitä, että

videokooderi on lisäksi järjestetty koodaamaan mikä tahansa seuraava mainitun primäärikuvan informaatioisisältöä vastaava redundantti kuva siten, että mainitun seuraavan redundantin kuvan viitekuvalista käsittää edellisen redundantin kuvan viitekuvalistan alijoukon poistamalla käytöstä ainakin

20 yksi viitekuva.

11. Patenttivaatimuksen 9 tai 10 mukainen videokooderi, tunnettu siitä, että

videokooderi on lisäksi järjestetty poistamaan viitekuvia käytöstä mainitulta viitekuvalistalta käänteisessä dekodausjärjestyksessä.

25 12. Jonkin patenttivaatimuksen 9 - 11 mukainen videokooderi, tunnettu siitä, että

videokooderi on lisäksi järjestetty järjestämään viitekuvat uudelleen mainitulle viitekuvalistalle määrittämällä pienin koodi-indeksi ensimmäiselle tai useimmin käytetylle viitekuvalle.

30 13. Patenttivaatimuksen 12 mukainen videokooderi, tunnettu siitä, että

videokooderi on lisäksi järjestetty sijoittamaan käytettävät viitekuvat mainitun viitekuvalistan alkuun ja käyttämättömät viitekuvat mainitun viitekuvalistan loppuun.

35 14. Patenttivaatimuksen 12 tai 13 mukainen videokooderi, tunnettu siitä, että

videokooderi on lisäksi järjestetty asettamaan aktiivisten viitekuvien lukumäärä vastaamaan käytettävien viitekuvien lukumäärää.

15. Jonkin patenttivaatimuksen 12 - 14 mukainen videokooderi, t u n n e t t u siitä, että

5 videotuote on lisäksi järjestetty liittämään tieto mainitusta uudelleenjärjestelyprosessista ja käytettävistä viitekuvista mainitun koodatun videodatan käsittämiin viipaleotsikoihin.

16. Jonkin patenttivaatimuksen 9 - 15 mukainen videokooderi, t u n n e t t u siitä, että

10 videotuote on lisäksi järjestetty koodaamaan mainittu ainakin yksi primäärikuva ja mikä tahansa mainitun primäärikuvan informaatioisisältöä vastaava redundantti kuva mainittuun videodataan SP/SI-kuvana.

17. Tietokoneohjelmatuote videodatan koodaamiseksi, joka tietokoneohjelmatuote on tallennettu tietokoneen luettavassa muodossa olevalle tallennusvälineelle, joka videodata käsittää ainakin yhden primäärikuvan ja ainakin yhden mainitun primäärikuvan informaatioisisältöä vastaavan redundantin kuvan, jonka viitekuvalista käsittää useita viitekuvia, t u n n e t t u siitä, että mainittu tietokoneohjelmatuote käsittää

20 tietokoneohjelmakoodin mainitun videodatan koodaamiseksi siten, että tietty määrä viitekuvia poistetaan käytöstä mainitun ainakin yhden redundantin kuvan viitekuvalistalta, joka määrä on ainakin yksi, mutta vähemmän kuin mainitun viitekuvalistan viitekuvien kokonaismäärä.

25 18. Matkaviestin, joka käsittää lähettimen koodatun videosekvenssin lähettämiseksi, t u n n e t t u siitä, että matkaviestin käsittää jonkin patenttivaatimuksen 9 - 16 mukaisen videokooderin mainitun videodatan koodaamiseksi.

19. Päätelaitteen alayksikkö, t u n n e t t u siitä, että alayksikkö käsittää jonkin patenttivaatimuksen 9 - 16 mukaisen videokooderin.

30 20. Videodataa käsittävä videosignaali, joka videodata käsittää ainakin yhden primäärikuvan ja ainakin yhden mainitun primäärikuvan informaatioisisältöä vastaavan redundantin kuvan, jonka viitekuvalista käsittää useita viitekuvia, t u n n e t t u siitä, että mainittu videosignaali käsittää lisäksi

35 mainitun ainakin yhden redundantin kuvan viitekuvalistan, joka käsittää alijoukon primäärikuvan viitekuvalistasta, josta on poistettu käytöstä ainakin yksi viitekuva; ja

tiedon viitekuvien uudelleenjärjestelyprosessista ja käytettävistä viitekuvista.

21. Menetelmä videosignaaliin koodatun videodatan dekoddaamiseksi, joka videodata käsittää ainakin yhden primäärikuvan ja ainakin yhden mainitun primäärikuvan informaatioisisältöä vastaavan redundantin kuvan, jonka viitekuvalista käsittää useita viitekuvia, t u n n e t t u siitä, että

vastaanotetaan videodataa, joka on koodattu siten, että mainitun ainakin yhden redundantin kuvan viitekuvalista käsittää alijoukon primäärikuvan viitekuvalistasta, josta on poistettu käytöstä ainakin yksi viitekuva; ja mainittu videosignaali käsittää lisäksi tiedon viitekuvien uudelleenjärjestelyprosessista ja käytettävistä viitekuvista;

havaitaan ainakin osa mainitusta videodatasta kadonneeksi tai vahingoittuneeksi;

määritetään ainakin yhden redundantin kuvan käsittävästä joukosta se redundantti kuva, joka dekodattuna parhaiten vastaa mainitun videodatan kadonnutta tai vahingoittunutta osaa; ja

dekoodataan mainitun videodatan kadonnut tai vahingoittunut osa määritettyyn redundanttiin kuvaan perustuen käyttämällä ainakin yhtä viitekuva, joka kuuluu mainitun redundantin kuvan viitekuvalistaan.

22. Patenttivaatimuksen 21 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että

määritetään ainakin yhden redundantin kuvan käsittävästä joukosta ainakin yksi kuvan osa, joka kattaa mainitun videodatan kadonneen tai vahingoittuneen osan;

muodostetaan mainitun kattavuuden tarjoavalle kuvan osalle viitekuvalista; ja

vasteena sille, että viitekuvalistan kaikki viitekuvat on dekodattu oikein, dekodataan ainakin osa mainitun videodatan kadonneesta tai vahingoittuneesta osasta perustuen ainakin osaan mainitun kattavuuden tarjoavista viitekuvista.

23. Patenttivaatimuksen 22 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että

vasteena sille, että viitekuvalistan ainakin yksi viitekuva puuttuu tai on dekodattu virheellisesti, lisätään mainittu osa kattavuuden tarjoavista viitekuvista toissijaiselle redundanttisti koodattujen kuvan osien listalle; ja

dekoodataan mainitulla toissijaisella redundantisti koodattujen kuvan osien listalla olevat redundantit kuvat vasta sen jälkeen, kun kaikki sellaisten redundanttien kuvien osat, joiden viitekuvalistalla olevat viitekuvat on oikein dekoodattu, on dekoodattu ja mainitun videodatan kadonneita tai vahingoittuneita osia ei ole vielä dekoodattu oikein.

5
24. Videodekooderi, joka on järjestetty dekoddaamaan videosignaaliin koodattua videodataa, joka videodata käsittää ainakin yhden primäärikuvan ja ainakin yhden mainitun primäärikuvan informaatioisisältöä vastaavan redundantin kuvan, jonka viitekuvalista käsittää useita viitekuvia, t u n n e t t u siitä, että dekooderi on järjestetty

10
vastaanottamaan videodataa, joka on koodattu siten, että mainitun ainakin yhden redundantin kuvan viitekuvalista käsittää alijoukon primäärikuvan viitekuvalistasta, josta on poistettu käytöstä ainakin yksi viitekuva; ja mainittu videosignaali käsittää lisäksi tiedon viitekuvien uudelleenjärjestelyprosesista ja käytettävistä viitekuvista;

15
havaitsemaan ainakin osa mainitusta videodatasta kadonneeksi tai vahingoittuneeksi;

määrittämään ainakin yhden redundantin kuvan käsittävästä joukosta se redundantti kuva, joka dekoodattuna parhaiten vastaa mainitun videodatan kadonnutta tai vahingoittunutta osaa; ja

20
dekoodaamaan mainitun videodatan kadonnut tai vahingoittunut osa määritettyyn redundanttiin kuvaan perustuen käyttämällä ainakin yhtä viitekuvaa, joka kuuluu mainitun redundantin kuvan viitekuvalistaan.

25
25. Patenttivaatimuksen 24 mukainen videodekooderi, t u n n e t t u siitä, että dekooderi on lisäksi järjestetty

määrittämään ainakin yhden redundantin kuvan käsittävästä joukosta ainakin yksi kuvan osa, joka kattaa mainitun videodatan kadonneen tai vahingoittuneen osan;

30
muodostamaan mainitun kattavuuden tarjoavalle kuvan osalle viitekuvalista; ja

vasteena sille, että viitekuvalistan kaikki viitekuvat on dekoodattu oikein, dekoddaamaan ainakin osa mainitun videodatan kadonneesta tai vahingoittuneesta osasta perustuen ainakin osaan mainitun kattavuuden tarjoavista viitekuvista.

35
26. Patenttivaatimuksen 25 mukainen videodekooderi, t u n n e t t u siitä, että dekooderi on lisäksi järjestetty

lisäämään mainittu osa kattavuuden tarjoavista viitekuvista toissijaiselle redundantisti koodattujen kuvan osien listalle, jos viitekuvalistan ainakin yksi viitekuva puuttuu tai on dekodattu virheellisesti; ja

5 dekodamaan mainitulla toissijaisella redundantisti koodattujen kuvan osien listalla olevat redundantit kuvat vasta sen jälkeen, kun kaikki sellaisten redundanttien kuvien osat, joiden viitekuvalistalla olevat viitekuvat on oikein dekodattu, on dekodattu ja mainitun videodatan kadonneita tai vahingoittuneita osia ei ole vielä dekodattu oikein.

10 27. Tietokoneohjelmatuote videodatan dekodaaamiseksi, joka tietokoneohjelmatuote on tallennettu tietokoneen luettavassa muodossa olevalle tallennusvälineelle, joka videodata käsittää ainakin yhden primäärikuvan ja ainakin yhden mainitun primäärikuvan informaatioisisältöä vastaavan redundantin kuvan, jonka viitekuvalista käsittää useita viitekuvia, t u n n e t t u siitä, että tietokoneohjelmatuote käsittää

15 tietokoneohjelmakoodin videodatan vastaanottamiseksi, joka videodata on koodattu siten, että mainitun ainakin yhden redundantin kuvan viitekuvalista käsittää alijoukon primäärikuvan viitekuvalistasta, josta on poistettu käytöstä ainakin yksi viitekuva; ja mainittu videosignaali käsittää lisäksi tiedon viitekuvien uudelleenjärjestelyprosessista ja käytettävistä viitekuvista;

20 tietokoneohjelmakoodin sen havaitsemiseksi, että ainakin osa mainitusta videodatasta kadonneeksi tai vahingoittuneeksi;

tietokoneohjelmakoodin sen redundantin kuvan määrittämiseksi ainakin yhden redundantin kuvan käsittävästä joukosta, joka dekodattuna parhaiten vastaa mainitun videodatan kadonnutta tai vahingoittunutta osaa; ja

25 tietokoneohjelmakoodin mainitun videodatan kadonneen tai vahingoittuneen osan dekodaaamiseksi määritettyyn redundanttiin kuvaan perustuen käyttämällä ainakin yhtä viitekuvaa, joka kuuluu mainitun redundantin kuvan viitekuvalistaan.

30 28. Matkaviestin, joka käsittää vastaanottimen koodatun videosekvenssin vastaanottamiseksi, t u n n e t t u siitä, että matkaviestin käsittää jonkin patenttivaatimuksen 24 - 26 mukaisen videodekooderin mainitun videodatan dekodaaamiseksi.

29. Päätelaitteen alayksikkö, t u n n e t t u siitä, että alayksikkö käsittää jonkin patenttivaatimuksen 24 - 26 mukaisen videodekooderin.

Patentkrav

1. Förfarande för kodning av videodata, vilka videodata omfattar åtminstone en primärbild och åtminstone en redundant bild som motsvarar informationsinnehållet i nämnda primärbild, varvid en referensbildlista för nämnda redundant bild omfattar flera referensbilder, k ä n n e t e c k n a t av att
- 5 nämnda videodata kodas så att en bestämd mängd referensbilder tas ur bruk från nämnda åtminstone en redundant bilds referensbildlista, vilken mängd är åtminstone en, men mindre än den totala mängden referensbilder på nämnda referensbildlista.
- 10 2. Förfarande enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a t av att vilken som helst följande redundant bild som motsvarar informationsinnehållet i nämnda primärbild kodas så att nämnda följande redundant bilds referensbildlista omfattar en delmängd av föregående redundant bilds referensbildlista genom att ta ur bruk åtminstone en referensbild.
- 15 3. Förfarande enligt patentkrav 1 eller 2, k ä n n e t e c k n a t av att referensbilder tas ur bruk från nämnda referensbildlista i en omvänd avkodningsordning.
4. Förfarande enligt något av de föregående patentkraven, k ä n n e t e c k n a t av att
- 20 referensbilderna omordnas på nämnda referensbildlista genom att tilldela det minsta kodindexet till den första och oftast använda referensbilden.
5. Förfarande enligt patentkrav 4, k ä n n e t e c k n a t av att referensbilderna som används placeras i början av nämnda referensbildlista och de oanvända referensbilderna i slutet av nämnda referens-
- 25 bildlista.
6. Förfarande enligt patentkrav 4 eller 5, k ä n n e t e c k n a t av att antalet aktiva referensbilder ställs att motsvara antalet referensbilder som används.
7. Förfarande enligt något av patentkraven 4 - 6, k ä n n e t e c k-
- 30 n a t av att information om nämnda omordningsprocess och referensbilder som används fogas till delrubriker som nämnda kodade videodata omfattar.
8. Förfarande enligt något av de föregående patentkraven, k ä n n e t e c k n a t av att

nämnda åtminstone en primärbild och vilken som helst redundant bild som motsvarar informationsinnehållet i nämnda primärbild kodas i nämnda videodata som en SP/SI-bild.

5 9. Videokodare, som är anordnad att koda videodata, vilka videodata omfattar åtminstone en primärbild och åtminstone en redundant bild som motsvarar informationsinnehållet i nämnda primärbild, varvid en referensbildlista för nämnda redundantanta bild omfattar flera referensbilder, k ä n n e t e c k n a d av att

10 videokodaren dessutom är anordnad att koda nämnda videodata så att en bestämd mängd referensbilder tas ur bruk från nämnda åtminstone en redundantanta bilds referensbildlista, vilken mängd är åtminstone en, men mindre än den totala mängden referensbilder på nämnda referensbildlista.

15 10. Videokodare enligt patentkrav 9, k ä n n e t e c k n a d av att videokodaren dessutom är anordnad att koda vilken som helst följande redundant bild som motsvarar informationsinnehållet i nämnda primärbild så att nämnda följande redundantanta bilds referensbildlista omfattar en delmängd av referensbildlistan för föregående redundantanta bild genom att ta ur bruk åtminstone en referensbild.

20 11. Videokodare enligt patentkrav 9 eller 10, k ä n n e t e c k n a d av att

videokodaren dessutom är anordnad att ta ur bruk referensbilder från nämnda referensbildlista i en omvänd avkodningsordning.

25 12. Videokodare enligt något av patentkraven 9 - 11, k ä n n e t e c k n a d av att

videokodaren dessutom är anordnad att omordna referensbilderna på nämnda referensbildlista genom att tilldela det minsta kodindexet till den första och oftast använda referensbilden.

30 13. Videokodare enligt patentkrav 12, k ä n n e t e c k n a d av att videokodaren dessutom är anordnad att placera referensbilderna som används i början av nämnda referensbildlista och de oanvända referensbilderna i slutet av nämnda referensbildlista.

35 14. Videokodare enligt patentkrav 12 eller 13, k ä n n e t e c k n a d av att

videokodaren dessutom är anordnad att ställa antalet aktiva referensbilder att motsvara antalet referensbilder som används.

15. Videokodare enligt något av patentkraven 12 - 14, k ä n n e t e c k n a d av att

videokodaren dessutom är anordnad att foga information om nämnda omordningsprocess och referensbilder som används till delrubriker som
5 nämnda kodade videodata omfattar.

16. Videokodare enligt något av patentkraven 9 - 15, k ä n n e t e c k n a d av att

videokodaren dessutom är anordnad att koda nämnda åtminstone en primärbild och vilken som helst redundant bild som motsvarar informa-
10 tionsinnehållet i nämnda primärbild i nämnda videodata som en SP/SI-bild.

17. Datorprogramprodukt för att koda videodata, vilken datorprogramprodukt är lagrad i datorläsbar form i ett lagringsmedel, vilka videodata omfattar åtminstone en primärbild och åtminstone en redundant bild som motsvarar informationsinnehållet i nämnda primärbild, varvid en referensbildlista för
15 nämnda redundant bild omfattar flera referensbilder, k ä n n e t e c k n a t av att datorprogramprodukten omfattar

en datorprogramkod för att koda nämnda videodata så att att en bestämd mängd referensbilder tas ur bruk från nämnda åtminstone en redundant bilds referensbildlista, vilken mängd är åtminstone en, men mindre än den
20 totala mängden referensbilder på nämnda referensbildlista.

18. Mobil station, som omfattar en sändare för att sända en kodad videosekvens, k ä n n e t e c k n a d av att den mobila stationen omfattar en videokodare enligt något av patentkraven 9 - 16 för att koda nämnda videodata.

25 19. Underenhet för en terminal, k ä n n e t e c k n a d av att underenheten omfattar en videokodare enligt något av patentkraven 9 - 16.

20. Videosignal omfattande videodata, vilka videodata omfattar åtminstone en primärbild och åtminstone en redundant bild som motsvarar informationsinnehållet i nämnda primärbild, varvid en referensbildlista för nämnda
30 redundant bild omfattar flera referensbilder, k ä n n e t e c k n a d av att nämnda videosignal dessutom omfattar

en referensbildlista för nämnda åtminstone en redundant bild, vilken referensbildlista omfattar en delmängd av primärbildens referensbildlista, varifrån åtminstone en referensbild har tagits ur bruk; och

35 information om en omordningsprocess av referensbilderna och referensbilderna som används.

21. Förfarande för att avkoda videodata som kodats i en videosignal, vilka videodata omfattar åtminstone en primärbild och åtminstone en redundant bild som motsvarar informationsinnehållet i nämnda primärbild, varvid en referensbildlista för nämnda redundant bild omfattar flera referensbilder,
5 k ä n n e t e c k n a t av att

videodata som kodats mottas så att en referensbildlista för nämnda åtminstone en redundant bild omfattar en delmängd av primärbildens referensbildlista, varifrån åtminstone en referensbild tagits ur bruk; och nämnda videosignal omfattar dessutom information om en omordningsprocess av referensbilderna och referensbilderna som används;
10

åtminstone en del av nämnda videodata detekteras vara försvunnen eller skadad;

ur mängden som omfattar åtminstone en redundant bild fastställs den redundant bild som i avkodad form bäst motsvarar nämnda försvunna eller skadade del av videodata; och
15

nämnda försvunna eller skadade del av videodata avkodas på basis av den fastställda redundant bilden genom att använda åtminstone en referensbild som hör till nämnda redundant bilds referensbildlista.

22. Förfarande enligt patentkrav 21, k ä n n e t e c k n a t av att
20 ur mängden som omfattar åtminstone en redundant bild fastställs åtminstone en bilddel som täcker den försvunna eller skadade delen av nämnda videodata;

en referensbildlista genereras för bilddelen som tillhandahåller nämnda täckning; och

25 i gensvar på att alla referensbilder i referensbildlista har avkodats rätt, avkodas åtminstone en del av den försvunna eller skadade delen av nämnda videodata på basis av åtminstone en del av referensbilderna som tillhandahåller nämnda täckning.

23. Förfarande enligt patentkrav 22, k ä n n e t e c k n a t av att
30 i gensvar på att åtminstone en referensbild i referensbildlistan saknas eller har avkodats felaktigt, tilläggs nämnda del av referensbilderna som tillhandahåller täckning till en sekundär lista för redundant kodade bilddelar; och

de redundant bilderna på nämnda sekundära lista för redundant kodade bilddelar avkodas först efter att alla sådana redundant bilders delar,
35 vilkas referensbilder på referensbildlistan avkodats rätt, har avkodats och de

försvunna eller skadade delarna av nämnda videodata inte ännu avkodats rätt.

24. Videoavkodare, som är anordnad att avkoda videodata som kodats i en videosignal, vilka videodata omfattar åtminstone en primärbild och åtminstone en redundant bild som motsvarar informationsinnehållet i nämnda primärbild, varvid en referensbildlista för nämnda redundantanta bild omfattar flera referensbilder, k ä n n e t e c k n a d av att avkodaren är anordnad att

motta videodata som är kodade så att en referensbildlista för nämnda åtminstone en redundantanta bild omfattar en delmängd av primärbildens referensbildlista, varifrån åtminstone en referensbild tagits ur bruk; och nämnda videosignal omfattar dessutom information om en omordningsprocess av referensbilderna och referensbilderna som används;

detektera åtminstone en del av nämnda videodata som försvunnen eller skadad;

ur mängden som omfattar åtminstone en redundant bild fastställa den redundantanta bild som i avkodad form bäst motsvarar den försvunna eller skadade delen av nämnda videodata; och

avkoda nämnda försvunna eller skadade del av videodata på basis av den fastställda redundantanta bilden genom att använda åtminstone en referensbild som hör till nämnda redundantanta bilds referensbildlista.

25. Videoavkodare enligt patentkrav 24, k ä n n e t e c k n a d av att avkodaren dessutom är anordnad att

ur mängden som omfattar åtminstone en redundant bild fastställa åtminstone en bilddel som täcker den försvunna eller skadade delen av nämnda videodata;

generera en referensbildlista för bilddelen som tillhandahåller nämnda täckning; och

i gensvar på att alla referensbilder i referensbildlistan har avkodats rätt, avkoda åtminstone en del av den försvunna eller skadade delen av nämnda videodata på basis av åtminstone en del av referensbilderna som tillhandahåller nämnda täckning.

26. Videoavkodare enligt patentkrav 25, k ä n n e t e c k n a d av att avkodaren dessutom är anordnad att

tillägga nämnda del av referensbilderna som tillhandahåller täckning till en sekundär lista för redundant kodade bilddelar, om åtminstone en referensbild i referensbildlistan saknas eller har avkodats felaktigt; och

avkoda de redundanta bilderna på nämnda sekundära lista för redundant kodade bilddelar först efter att alla sådana redundanta bilders delar, vilkas referensbilder på referensbildlistan avkodats rätt, har avkodats och de försvunna eller skadade delarna av nämnda videodata inte ännu avkodats rätt.

5 27. Datorprogramprodukt för att avkoda videodata, vilken datorprogramprodukt är lagrad i datorläsbar form i ett lagringsmedel, vilka videodata omfattar åtminstone en primärbild och åtminstone en redundant bild som motsvarar informationsinnehållet i nämnda primärbild, varvid en referensbildlista för nämnda redundanta bild omfattar flera referensbilder, k ä n n e t e c k n a t av
10 att datorprogramprodukten omfattar

en datorprogramkod för att motta videodata som är kodade så att en referensbildlista för nämnda åtminstone en redundanta bild omfattar en delmängd av primärbildens referensbildlista, varifrån åtminstone en referensbild tagits ur bruk; och nämnda videosignal dessutom omfattar information om
15 en omordningsprocess av referensbilderna och referensbilderna som används;

en datorprogramkod för att detektera om åtminstone en del av nämnda videodata försvunnit eller skadats;

en datorprogramkod för att ur mängden som omfattar åtminstone en redundant bild fastställa den redundanta bild som i avkodad form bäst motsvarar den försvunna eller skadade delen av nämnda videodata; och
20

en datorprogramkod för att avkoda nämnda försvunna eller skadade del av videodata på basis av den fastställda redundanta bilden genom att använda åtminstone en referensbild som hör till nämnda redundanta bilds referensbildlista.

25 28. Mobil station, som omfattar en mottagare för att motta en kodad videosekvens, k ä n n e t e c k n a d av att den mobila stationen omfattar en videoavkodare enligt något av patentkraven 24 - 26 för att avkoda nämnda videodata.

30 29. Underenhet för en terminal, k ä n n e t e c k n a d av att underenheten omfattar en videoavkodare enligt något av patentkraven 24 - 26.

1/3

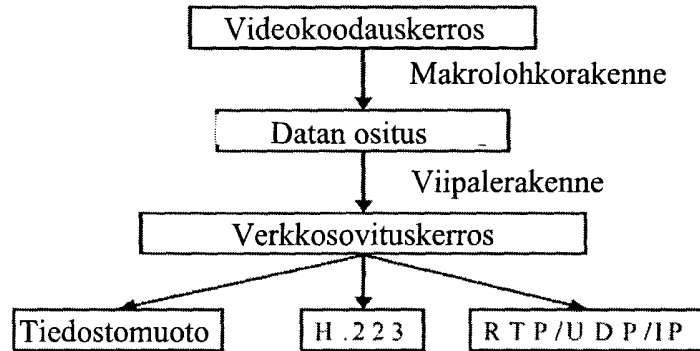


Fig. 1

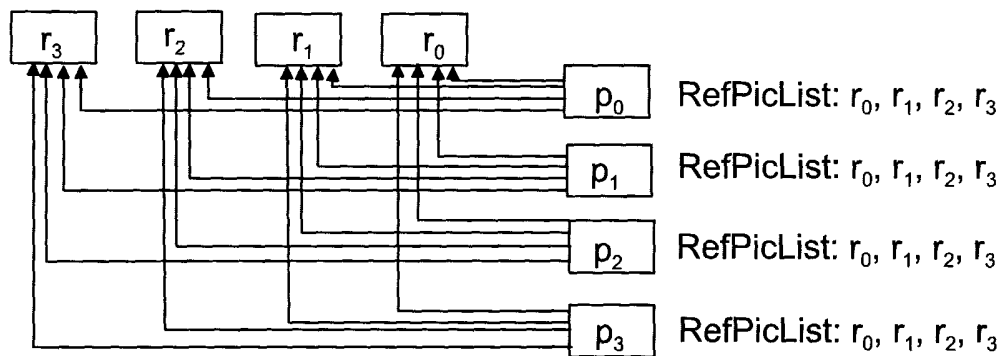


Fig. 2

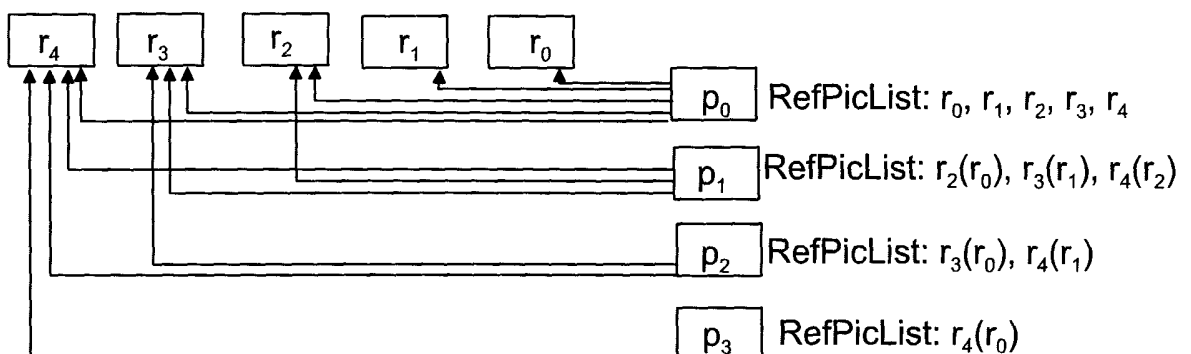


Fig. 3

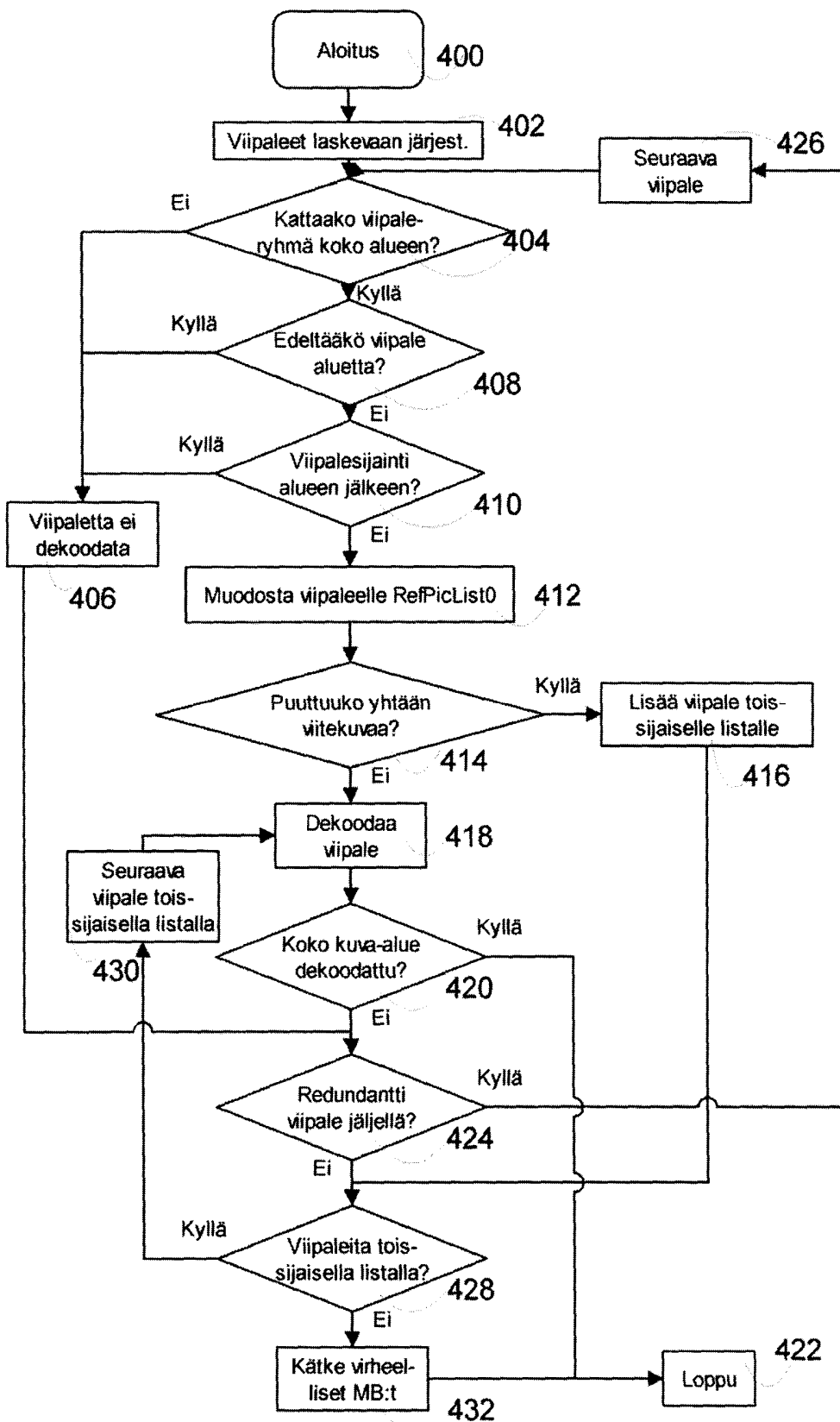


Fig. 4

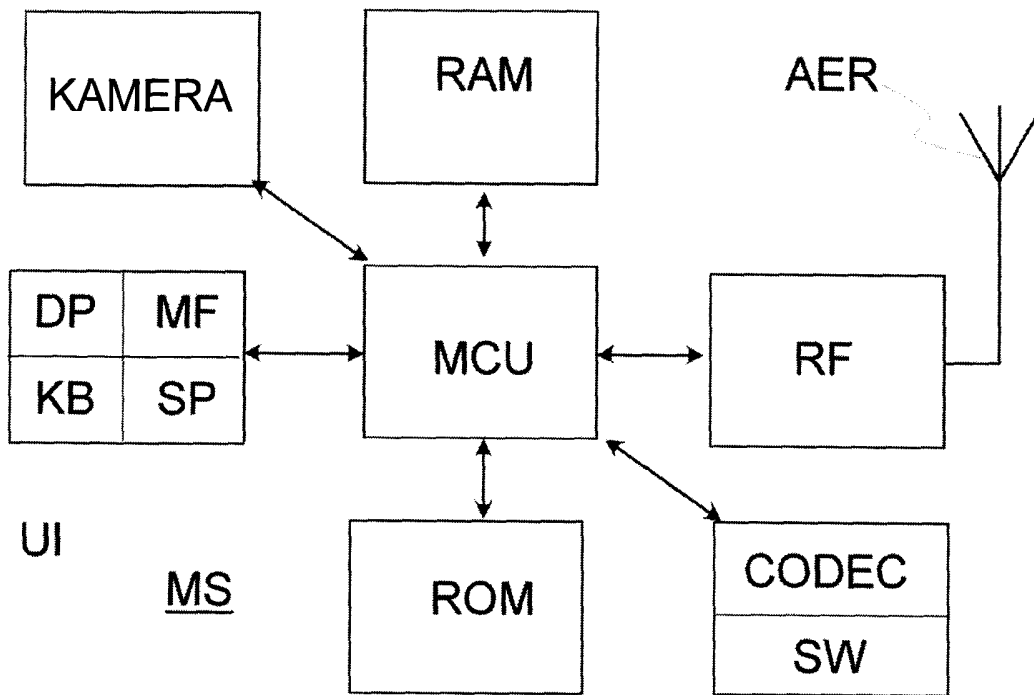
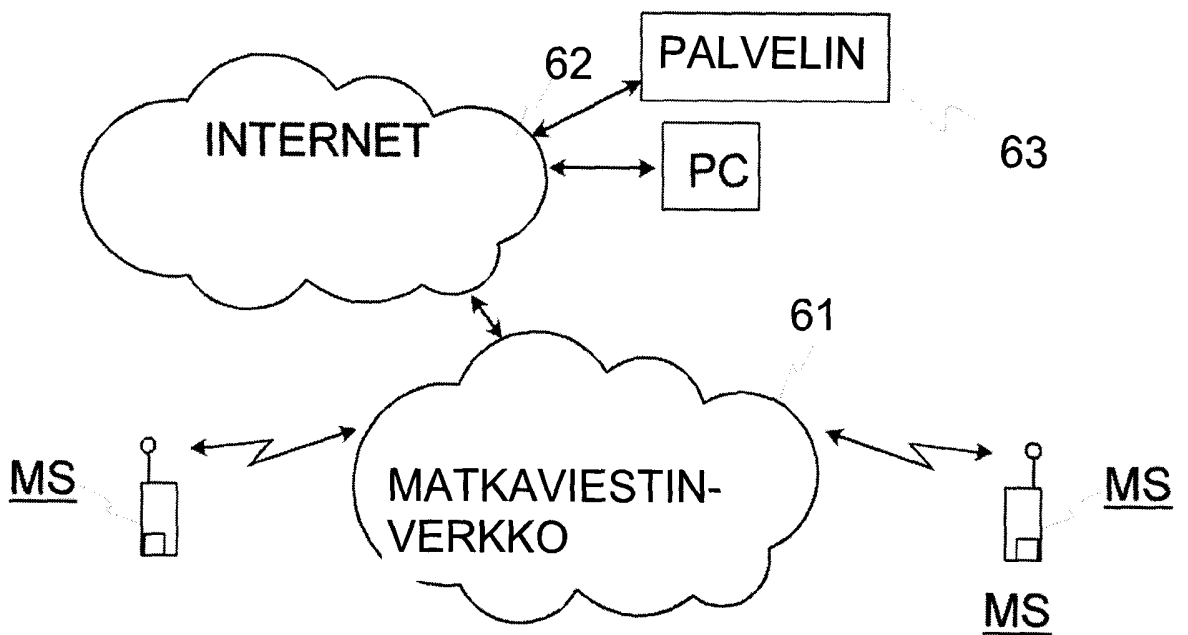


Fig. 5



60

Fig. 6