



F I 000106493B



SUOMI - FINLAND
(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

(12) PATENTTIJULKAISU
PATENTSKRIFT

(10) FI 106493 B

(45) Patenti myönnetty - Patent beviljats

15.02.2001

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

H04L 1/00, H03M 13/00

(21) Patentihakemus - Patentansökning

990250

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag

09.02.1999

(24) Alkupäivä - Löpdag

09.02.1999

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig

10.08.2000

(73) Haltija - Innehavare

1 •Nokia Mobile Phones Ltd, Keilalahdentie 4, 02150 Espoo, SUOMI - FINLAND, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1 •Kalliojärvi, Kari, Peräläntie 6, 02880 Veikkola, SUOMI - FINLAND, (FI)

(74) Asiamies - Ombud: Berggren Oy Ab
Jaakonkatu 3 A, 00100 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

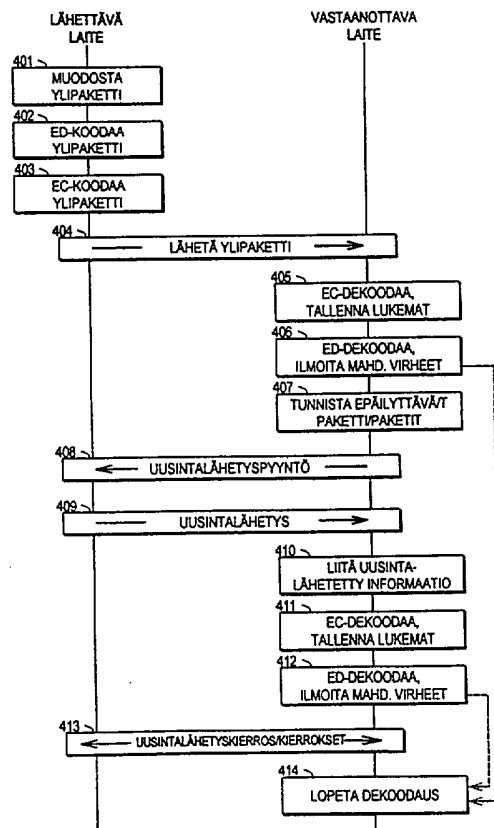
Menetelmä ja järjestelmä pakettimuotoisen datan luotettavaksi siirtämiseksi
Förfarande och arrangemang för tillförlitlig överföring av paketformad data

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

EP A 0876021 (H04L 1/00, Hewlett-Packard Company, p 3, r 9-16), EP A 0643510 (H04L 1/18, Thomson-CSF, p 5, r 9-21),
US A 5844918 (H03M 13/00, Sanyo Electric Co., p 9, r 66 - p 11, r 17; p 12, r 14 - p 13, r 32),
US A 5638384 (H03M 13/00, Kabushiki Kaisha Toshiba, p 12, r 61 - p 13, r 41)

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksintö koskee menetelmää digitaalisen informaation vastaanottamiseksi luotettavasti lähetävältä laitteelta. Vastaanotettava tieto järjestetään erillisiksi aliyksiköiksi (201, 202, 203, 204, 301, 302, 303, 304), siten että ennalta määrätty aliyksikköjen lukumäärä vastaa yhtä yliyksikköä (200, 300). Yliyksikkö koodataan tietyllä virheentunnistuskoodilla (402), joka vastaa tiettyä virheentunnistusdekooodausmenetelmää, ja lisäksi tietyllä virheenkorjauskoodilla (403), joka vastaa tiettyä virheenkorjauskoodausmenetelmää. Keksinnön mukaisesti yliyksikkö virheenkorjauskoodataan (405), ja virheenkorjauskoodauksen (405) aikana kunkin aliyksikön dekooodausluotettavuus arvioidaan erikseen. Virheenkorjauskoodauksen jälkeen yliyksikkö virheentunnistusdekooodataan (406), ja virheentunnistuksen dekooodauksen aikana tutkitaan, onko dekooodattavassa yliyksikössä virheitä. Dekoodatulle yliyksikölle järjestetään osittainen korjaava toiminto (407, 408, 409, 450, 451) aliyksikköjen arvioitujen luotettavuuksien perusteella.



Uppfinningen avser ett förfarande för att ta emot digital information tillförlitligt från en sändarapparat. Information som skall tas emot anordnas som skilda underenheter (201, 202, 203, 204, 301, 302, 303, 304) så att ett förutbestämt antal underenheter motsvarar en överenhet (200, 300). Överenheten kodas med en given feldetekteringskod (402) som motsvarar ett givet feldetekteringsavkodningsförfarande, och dessutom med en given felkorrigeringskod (403) som motsvarar ett givet felkorrigeringsavkodningsförfarande. Enligt uppfinningen avkodas (405) överenhets felkorrigering och under felkorrigeringen uppskattas varje underenhets avkodningstillförlitlighet skilt. Efter felkorrigeringsavkodningen avkodas (406) överenhets feldetektering och under feldetekteringsavkodningen undersöks huruvida överenheten som skall avkodas innehåller fel. För den avkodade överenheten anordnas en delvis korrigerande funktion (407, 408, 409, 450, 451) utgående från den uppskattade tillförlitligheten hos underenheterna.

Menetelmä ja järjestelmä pakettimuotoisen datan luotettavaksi siirtämiseksi - Förfarande och arrangemang för tillförlitlig överföring av paketformad data

Yleisesti keksintö koskee tekniikkaa, jossa käytetään koodausta, dekadausta ja
5 mahdollista uudelleen lähettämistä virheettömien yhteyksien takaamiseksi kanavalla,
jolla on runsaasti kohinaa. Erityisesti keksintö koskee koodauksen ja dekadauksen
valintaa ja organisointia suhteessa pakettimuotoisena lähetettävän datan määrään.

Yleisesti käytetään virheentunnistuskoodoja, joiden avulla digitaalisen informaation
vastaanottaja saa tarvittavat keinot sen toteamiseksi, onko tietyssä vastaanotetun
10 digitaalisen informaation yksikössä virheitä. Yhtenä esimerkkinä virheentunnistus-
koodin käytöstä on CRC-tarkistusluvun (CRC = Cyclic Redundancy Check, sykli-
sen toiston tarkistus) lisääminen jokaiseen tietyn kokoiseen datayksikköön. Virheen-
korjauskoodauksen avulla pyritään lisäämään digitaalisen informaation virheettömän
vastaanoton mahdollisuutta myös silloin, kun on syytä epäillä, että lähetyskanavan
15 kohina aiheuttaa virheitä. Esimerkkinä virheentunnistuskoodauksesta mainittakoon
konvoluutiokooderin käyttö lähettävässä päässä ja Viterbi-dekooderin käyttö vas-
taanottavassa päässä. Kehittyneempää virheentunnistuskoodausta edustaa turbokoo-
derin käyttö lähettävässä päässä ja iteratiivisen turbodekooderin käyttö vastaanotta-
vassa päässä. Koodausjärjestelyä, jossa samaan lähetettävään dataan sovelletaan se-
20 kä virheentunnistuskoodausta että virheentunnistuskoodausta, kutsutaan yleisesti hyb-
ridikoodaukseksi.

Kuvio 1 esittää tunnettua esimerkkiä pakettidatan lähettämisestä kehyksessä 100.
Digitaalisissa tietoliikennejärjestelmissä on tapana järjestää lähetettävä data kehyk-
siksi, joiden kesto on vakio, esimerkiksi 10 ms. Kehyksen bittimääräinen kapasi-
25 teetti riippuu käytetystä modulaatiomenetelmästä, mutta se saattaa olla hyvinkin
suuri, esimerkiksi useita tuhansia bittejä. Kun lähetetään pakettimuotoista dataa,
datan järjestäminen näin suuriin paketteihin olisi usein hankalaa ja tehotonta. Sen
sijaan käytetään pienempää pakettikokoa, ja samassa kehyksessä lähetetään useita
perättäisiä paketteja. Kuviossa 1 nähdään kehyksessä 100 neljä pakettia 101, 102,
30 103 ja 104. Paketeista käytetään myös nimitystä protokolladatayksikkö PDU
(Protocol Data Unit).

Tunnetun hybridikoodausjärjestelmän mukaan lähetävä laite ensin koodaa paketit
101, 102, 103 ja 104 virheentunnistuskoodilla ja sitten virheentunnistuskoodilla. Jo-
kainen paketti koodataan erikseen. Kumpikin hybridikoodausjärjestelmän osa lisää

5 paketteihin joitakin lisäbittejä; virheentunnistuskoodi edellyttää tyypillisesti tietyn tarkistusluvun laskemista, joka tarkistusluku sitten lisätään informaatiobitteihin; virheenkorkauskoodi tuo mukanaan joitakin häntäbittejä, jotta virheenkorkauskoodi päättyisi haluttuun tilaan paketin lopussa. Kuviossa 1 koodausjärjestelmän lisäämät bitit on esitetty vinoviivoin varjostettuina alueina, jotka on sijoitettu kunkin paketin loppuun. Lisäbittien ei tarvitse aina sijaita paketin lopussa. Tyypillinen lähetin myös lomittaa perättäisten pakettien koodatut bitit tietylle lomitusjaksolle, joka edullisimmin on yhtä pitkä kuin kehyksen pituus.

10 Tyypillinen vastaanotin vastaanottaa ensin koko koodatun ja lomitettun kehyksen, minkä jälkeen se purkaa lomituksen, jolloin kuhunkin pakettiin on taas pääsy erikseen. Sen jälkeen vastaanotin soveltaa jokaiseen pakettiin Viterbi-dekoodausta, iteratiivista dekoodausta tai vastaavaa virheenkorkauskoodausta poistaakseen virheenkorkauskoodin ja rekonstruoidakseen paketin (joka on edelleen virheentunnistuskoodatussa muodossa) niin luotettavasti kuin mahdollista. Lopulta vastaanotin poistaa
15 virheentunnistuskoodin ja tarkistaa, onko paketissa virheitä. Ne paketit, joista löytyy virheitä, siirretään syrjään. Jos ja kun viestintäyhteys sallii paluusuuntaisen viestinnän, vastaanotin välittää lähettimelle automaattisen toistopyynnön ARQ:n (Automatic Repeat reQuest) niiden pakettien osalta, joissa on havaittu virheitä.

Korjaavien uusintalähetysten järjestämiseksi tunnetaan monia erilaisia käytäntöjä.
20 Tehoton mutta yksinkertainen vaihtoehto on lähetyksen aloittaminen uudelleen ensimmäisestä havaitusta virheestä alkaen. Hiukan kehittyneempi vaihtoehto on valikoiva uusintalähetys, jossa lähetetään uudelleen vain ne kehykset tai paketit, joissa on havaittu virheitä. Vielä kehittyneemmässä muunnelmassa selektiivinen uusintalähetys ei sisällä identtistä kopiota koko paketista tai kehyksestä, vaan ainoastaan
25 muutamia lisäbittejä, joiden avulla vastaanottimen tulisi pystyä korjaamaan havaitut virheet. Vastaanottimella on myös joukko vaihtoehtoisia keinoja uusintalähetysten käsittelyyn: periaatteessa se voi joko korvata alkuperäisen informaation uudella, tai se voi soveltaa jonkinlaista optimisuhdeyhdistelyä käyttääkseen alkuperäisen paketin rekonstruoinnissa hyväkseen olennaisesti kaiken siihen asti vastaanotetun informaation.
30

Kuviossa 1 esitetyn järjestelyn ongelmana on suhteellisen suuri lisäinformaation osuus, joka informaatio täytyy saada koodausvaiheessa mukaan. Varsin luonnollinen perussääntö on, että lisäinformaation määrä on suoraan verrannollinen välittömän onnistuneen dekoodauksen todennäköisyyteen, mutta kääntäen verrannollinen saatavilla olevien viestintäresurssien (aika, kaistanleveys) käyttötehokkuuteen. Yksityiskohtaisempi analyysi osoittaa, että esimerkiksi konvoluutiokoodi, jonka vakiopi-

tuus on K (toisin sanoen muistipituus K-1) edellyttää K-1 häntäbittii, jotka on lisätävä kunkin itsenäisesti koodatun informaatioyksikön loppuun. CRC-koodien teoriasta tiedetään, että yläraja tunnistamattoman virheen todennäköisyydelle on luokkaa 2^{-b} , jossa b on lisättyjen CRC-bittien määrä. Järjestelmän suunnittelijan tehtävänä on
5 valita lisäinformaation määrä siten, että järjestelmän luotettavuuden ja tehokkuuden välille löytyy sopiva tasapaino.

Nyt esillä olevan keksinnön tavoitteena on tuoda esiin menetelmä pakettimuotoisen datan lähettämiseksi kehyksinä, joka menetelmä on tehokas ja virheiden torjumiseksi hyväksyttävän luotettava. Lisäksi keksinnön tavoitteena on tuoda esiin lähetin ja
10 vastaanotin mainitun menetelmän soveltamiseksi.

Keksinnön tavoitteet saavutetaan käyttämällä hybridikoodausmenetelmää, jossa yhteistä virheentunnistuskoodia sovelletaan ensimmäiseen määrään paketteja, ja virheenkorauskoodia sovelletaan erikseen kuhunkin pakettiryhmään, jossa on toinen määrä paketteja, mainitun toisen määrän ollessa pienempi kuin mainittu ensimmäinen määrä.
15

Keksinnön mukainen vastaanottomenetelmä edellyttää, että vastaanotettava informaatio
- on järjestetty erillisiin aliyksiköihin siten, että ennalta määritelty aliyksikköjen lukumäärä vastaa yhtä yliyksikköä, ja
20 - koodataan tietyllä virheentunnistuskoodilla, joka vastaa tiettyä virheentunnistusdekooodausmenetelmää, ja lisäksi tietyllä virheenkorauskoodilla, joka vastaa tiettyä virheenkorausdekooodausmenetelmää.

Vastaanottomenetelmä on tunnettu siitä, että siinä on seuraavat vaiheet:
- yliyksikkö virheenkorausdekooodataan,
25 - virheenkorausdekooodauksen aikana arvioidaan erikseen jokaisen dekooodattavan yliyksikön aliyksikön dekooodausluotettavuus,
- virheenkorausdekooodattu yliyksikkö virheentunnistusdekooodataan,
- virheentunnistusdekooodauksen aikana tutkitaan, onko dekooodattavassa yliyksikössä virheitä, ja
30 - jos dekooodattavasta yliyksiköstä löytyy virheitä, järjestetään dekoodatun yliyksikön osittaiset uusintalähetykset aliyksikköjen arvioitujen luotettavuuksien perusteella.

Keksintö koskee myös lähetysmenetelmää, jolle ovat tunnusomaisia seuraavat vaiheet:

- lähetettävä digitaalinen informaatio järjestetään erillisiksi aliyksiköiksi, ja ennalta määrätystä aliyksikköjen lukumäärästä muodostetaan yliyksikkö,
- mainittu yliyksikkö koodataan jatkuvatoimisesti tietyllä virheentunnistuskoodilla, joka vastaa tiettyä virheentunnistusdekoodausmenetelmää,
- 5 - mainittu yliyksikkö koodataan jatkuvatoimisesti tietyllä virheentunnistuskoodilla, joka vastaa tiettyä virheentunnistusdekoodausmenetelmää,
 - koodattu yliyksikkö lähetetään lähettävästä laitteesta vastaanottavaan laitteeseen,
 - mainittu yliyksikkö virheentunnistuskoodataan,
 - virheentunnistuskoodauksen aikana arvioidaan yksitellen jokaisen dekoodattavan
- 10 yliyksikön aliyksikön dekoodausluotettavuus,
 - virheentunnistuskoodattu yliyksikkö virheentunnistuskoodataan,
 - virheentunnistuskoodauksen aikana tutkitaan, onko dekoodattavassa yliyksikössä virheitä, ja
 - jos dekoodatusta yliyksiköstä löytyy virheitä, järjestetään dekoodatun yliyksikön
- 15 osittaiset uusintalähetykset aliyksikköjen arvioitujen luotettavuuksien perusteella.

- Keksintö koskee edelleen lähetettävää laitetta, jossa on
- puskurivälineet, joiden avulla ennalta määrätty määrä informaation aliyksikköjä liitetään yhteen yliyksiköksi,
 - virheentunnistuskoodausvälineet, joiden avulla lähetettävä informaatio virheentunnistuskoodataan,
 - 20 - virheentunnistuskoodausvälineet, joiden avulla lähetettävä informaatio virheentunnistuskoodataan, ja
 - uusintalähetyksvälineet, joiden avulla järjestetään lähetettävästä informaatiosta valittujen osuuksien uusintalähetykset.
- 25 Lähetettävälle laitteelle on tunnusomaista, että
- virheentunnistuskoodausvälineet ja virheentunnistuskoodausvälineet on järjestetty koodaamaan täysin yhteenliitetyt yliyksiköt,
 - uusintalähetyksvälineet on järjestetty suorittamaan valittujen aliyksikköjen uusintalähetykset, ja
 - 30 - lähetettävä laite sisältää edelleen multipleksointivälineet, joilla multipleksoidaan koodatut, yhteenliitetyt yliyksiköt ja valittujen aliyksikköjen uusintalähetykset lähetyskehyksiksi.

- Lisäksi keksintö koskee vastaanottavaa laitetta, jolle on tunnusomaista, että siinä on
- virheentunnistuskoodausvälineet, joiden avulla yliyksikkö virheentunnistuskoodataan ja jokaisen sen sisältämän aliyksikön dekoodausluotettavuus arvioidaan,
 - 35

- virheentunnistusdekoodausvälineet, joiden avulla ylyksikkö virheentunnistusdekoodataan ja tutkitaan, onko ylyksikössä virheitä, ja
- uusintalähetyksen ohjausvälineet, joiden avulla tunnistetaan - vasteena dekoodatusta ylyksiköstä löytyneeseen virheiden määrään, joka ei ole nolla - dekoodatusta ylyksiköstä ennalta määritelty lukumäärä aliyksikköjä, joita pidetään epäilyttävinä arvoitujen luotettavuuksien perusteella ja joiden avulla generoidaan epäilyttäviksi tunnistettujen aliyksikköjen uusintalähetyspyynnöt.

10 Keksintö perustuu siihen tosiseikkaan, että dekooderi, jolla virheenkorkauskoodi dekoodataan, pystyy tuottamaan niin sanotun luotettavuuslukeman, joka ilmaisee tietyn suoritettun dekooodausoperaation luotettavuuden. Toisin sanoen sen jälkeen, kun tietty informaatio-osuus on dekooodattu, virheenkorkauskoodin dekooderi voi ilmoittaa, että dekooodauksen tulos edustaa alkuperäistä informaatiota tietyllä todennäköisyydellä. Jotkut dekooderit voivat jopa ilmoittaa useita vaihtoehtoisia dekooodaustuloksia ja niihin liittyviä luotettavuuslukemia.

15 Keksinnön mukaan luotettavuuslukemaa käytetään seuraavalla tavalla. Suhteellisen suurelle määrälle informaatiota on olemassa yksi ainut virheentunnistuskoodi. Sama informaatio koodataan edelleen virheenkorkauskoodilla. Mainittu suhteellisen suuri informaatiomäärä koostuu pienemmistä informaation osajoukoista. Dekooodausprosessin aikana jokaiselle informaation osajoukolle luodaan erillinen luotettavuuslu-
20 kema. Jos virheenkorkauskoodin dekooodaus osoittaa, että suuremmassa informaatioyksikössä on virhe tai virheitä, dekooderi olettaa, että virhe/virheet esiintyvät niissä informaation osajoukoissa, joilla on alhaisimmat luotettavuuslukemat. Valikoidulle joukolle niitä informaation osajoukkoja, joissa virhe/virheitä todennäköisesti esiin-
25 toimitetaan uusintalähetystä, tai virheellinen data korvataan muilla korjaavilla toimenpiteillä.

"Epäilyttävien" informaation osajoukkojen valitsemiseksi on käytettävissä useita eri vaihtoehtoja. Vastaanotin voi järjestää kaikki informaation osajoukot luotettavuuslukemien mukaiseen laskevaan järjestykseen, käyttää virheentunnistuskoodia esiin-
30 tyneiden lähetysvirheiden arvioimiseen ja pyytää uusintalähetystä vastaavalle lukumäärälle informaation osajoukkoja, alkaen luettelon lopusta. Toinen vaihtoehto on, että vastaanotin käyttää luotettavuuslukemien jakaumaa ja/tai esiintyneiden lähetysvirheiden arvioitua lukumäärää (jos sellainen on käytettävissä) luodakseen kynnyksarvon hyväksyttävälle luotettavuuslukemalle ja pyytää uusintalähetystä kaikille niille informaation osajoukoille, jotka jäävät kynnyksarvon alapuolelle. Voidaan
35 myös soveltaa näiden vaihtoehtoisten menetelmien erilaisia yhdistelmiä.

Jos virheenkorjauksen dekooderi edustaa tyyppiä, joka tarjoaa yhdelle informaation osajoukolle luettelon keskenään vaihtoehtoisista dekodatuista jonoista arvioidun dekodausluotettavuuden mukaisessa laskevassa järjestyksessä, useat toiminnalliset vaihtoehdot ovat mahdollisia keksinnön puitteissa. Luonnollinen ratkaisu on valita luettelon ylin jono edustamaan ensisijaisesti kutakin informaation osajoukkoa ja sen luotettavuuslukema edustamaan ensisijaista luotettavuuslukemaa kyseiselle informaation osajoukolle. Jos virheenkorjausdekoodaus suuren informaatioyksikön osalta on ilmaissut virheiden olemassaolon, valitaan epäilyttävät informaation osajoukot käyttämällä edellä kuvattuja ensisijaisia luotettavuuslukemia. Ainakin yhtä valittua epäilyttävää informaation osajoukkoa kohden voidaan ensin kokeilla muutamia luettelosta ehdolle valittuja jonoja, ennen kuin pyydetään uusintalähetystä.

Erään keksinnön edullisen suoritusmuodon mukaisesti mainittu suhteellisen suuri informaatioyksikkö vastaa kehystä tai muuta sopivaa pakettien muodostamaa kokonaisuutta, ja yksi informaation osajoukko vastaa yhtä pakettia.

Ne keksinnölliset piirteet, joita pidetään keksinnölle tunnusomaisina, on esitetty yksityiskohtaisesti oheisissa patenttivaatimuksissa. Sen sijaan itse keksintö, sekä rakenteeltaan että toimintamenetelmältään, samoin kuin siihen liittyvät muut tavoitteet ja edut, käyvät parhaiten ilmi seuraavasta edullisten suoritusmuotojen kuvauksesta ja siihen liittyvistä piirroksista, joissa

- 20 kuvio 1 esittää tunnettua järjestelyä, jossa koodatut paketit on järjestetty kehykseksi,
- kuvio 2 esittää keksinnön mukaista koodattujen pakettien järjestelyä,
- kuvio 3 esittää yksityiskohtaa keksinnön mukaisesta dekodausvaiheesta,
- kuvio 4a on yleisesitys keksinnön mukaisesta menetelmästä,
- 25 kuvio 4b on mahdollinen lisäys kuvioon 4a,
- kuvio 5 esittää keksinnön mukaista lähetintä, ja
- kuvio 6 esittää keksinnön mukaista vastaanotinta.

Kuvio 2 esittää keksinnön mukaista koodattua lähetettävän datan kokonaisuutta. Kätevyyden vuoksi otamme nyt käyttöön käsitteen 'ylipaketti' 200, jolla tarkoitetaan datakokonaisuutta, joka koostuu olennaisen itsenäisten 'alipakettien' 201, 202, 203 ja 204 lukumäärästä mainitun lukumäärän ollessa kokonaisluku (suurempi kuin yksi). Olettakaamme esimerkin vuoksi, että kukin alipaketti vastaa yhtä lähetettävää PDU:ta pakettidatan siirtoon tarkoitettussa verkossa ja ylipaketti on perättäisten PDU-yksikköjen kokonaisuus, jonka lähetyksen kokonaiskesto vastaa yhden kehyksen kestoa. Keksintö ei rajoitu pelkästään PDU-yksikköjen ja kehysten viitekeh-

seen, joskin keksinnön mainittu suoritusmuoto on edullinen, koska se mahdollistaa tunnettujen informaatioyksikköjen käytön monissa pakettidatan siirtojärjestelmissä. Edullisinta on soveltaa kaksitasoista numerointijärjestelmää, jolla voidaan yksiselitteisesti tunnistaa toisaalta ylipaketti yhdellä tasolla ja toisaalta yksittäinen ylipaketin alipaketti toisella tasolla: esimerkiksi alipaketti, jonka numero on 35/3, voidaan katsoa 35. ylipaketin kolmanneksi alipaketiksi.

Kuviosta 2 nähdään, etteivät alipaketit 201, 202 ja 203 suoraan sisällä mitään lisäbittejä. Viimeisessä alipaketissa 204 on joitakin lisäbittejä, jotka on kaaviomaisesti kuvattu vinoviivoin varjostettuna lohkona 205. Keksimä ei edellytä, että lisäbitit sijaitsevat viimeisen alipaketin lopussa. Toinen keksinnön yhtä mahdollinen suoritusmuoto on sellainen, jossa ylipaketissa on kokonaisluvun osoittama määrä perättäisiä, yhtä suuria alipaketteja, joista ainoakaan ei sisällä lisäbittejä, ja lisäksi joukko lisäbittejä, jotka sijaitsevat joko ylipaketin lopussa, viimeisen alipaketin jälkeen, tai jotka on hajautettu jonkin mielivaltaisesti valitun hajautusohjelman mukaisesti (jonka täytyy olla sekä lähettimen että vastaanottimen tiedossa) alipakettien reunoille ja/tai keskelle. Keksimä kattaa sellaisetkin suoritusmuodot, joissa ylipakettiin kuuluvat lisäbitit on hajautettu alipakettien sisään; tällaisen suoritusmuodon graafinen kuvaus muistuttaisi tunnetun tekniikan mukaista, kuviossa 1 esitettyä järjestelyä, joskin lisäbittien tuottaminen ja tarkoitus poikkeaisivat tunnetusta tekniikasta, kuten seuraavasta yksityiskohtaisesta kuvauksesta käy ilmi.

Keksinnön mukaisesti lähetettävä laite (jolla tarkoitetaan yleisesti kaikkia sellaisia laitteita, jotka kykenevät tuottamaan digitaalista informaatiota koodatussa muodossa) konstruoi ylipaketin liittämällä yhteen ennalta määrätyn määrän alipaketteja. Alipaketit ovat edullisesti perättäisiä paketteja jonkin lähetettävän informaation laajemman kokonaisuuden digitaalisesta esitystavasta. Lähetettävä laite suorittaa virheentunnistuskoodauksen jollain sinänsä tunnetulla menetelmällä, esimerkiksi laskemalla tietyn CRC-tarkistusluvun koko ylipaketin pituudelta ja sijoittamalla sen ylipaketin loppuun viimeisen alipaketin jälkeen. Lähetettävä laite suorittaa myös virheentunnistuskoodauksen jollain tunnetulla menetelmällä, esimerkiksi konvoluutiokooderilla tai turbokooderilla. Virheenkorjauskoodaus voi edellyttää häntäbittien lisäämistä koodatun ylipaketin loppupäähän; nyt esillä olevassa esimerkinomaisessa suoritusmuodossa häntäbitit sijaitsevat varjostetussa lohossa 205, koodatun ylipaketin 200 loppupäässä kuviossa 2. Keksin kaikkein edullisimman suoritusmuodon mukaan ylipaketin koodaustoimenpiteissä eri alipakettien välisiin rajoihin ei kiinnitetä mitään huomiota.

Vastaanottava laite (jolla tarkoitetaan yleisesti kaikkia sellaisia laitteita, jotka kykenevät vastaanottamaan digitaalista informaatiota koodatussa muodossa) vastaanottaa koodatun ylipaketin 200, sillä erotuksella, että sattumanvarainen määrä lähetysvirheitä on ehkä sattunut ylipaketin sattumanvaraisissa paikoissa. Vastaanottava laite aloittaa vastaanotetun ja demoduloidun ylipaketin dekodeamisen poistamalla virheenkorjauskoodin dekooderilla, joka on sinänsä tunnettu ja vastaa lähettävässä laitteessa käytettyä kooderia, jolla virheenkorjauskoodi on muodostettu. Esimerkkinä seuraavassa käytämme Viterbi-dekooderia; jos käytetään jotain muuta dekodausmenetelmää, virheenkorjausdekoodaus on mahdollista integroida demodulaation kanssa. Viterbi-dekodauksen ideana on konstruoida niin sanottu Trellis-polku tiettyjen koodattavan signaalin sallittujen tilojen läpi, niin että sallittujen tilojen välisten siirtymien todennäköisyys saavuttaa maksimiarvonsa. Konvoluutiokooderin tunnettu rakenne, jota kooderia on käytetty virheenkorjauskoodin syöttämiseen, määrää, että jokaisesta signaalin dekoodattavasta tilasta on olemassa tietty määrä sallittuja siirtymiä seuraaviin tiloihin, ja kuhunkin näistä liittyy täsmällinen siirtymätodennäköisyyden arvo. Vertaamalla dekoodattavan signaalin havaittua siirtymää sallittuihin siirtymiin ja niiden todennäköisyyksiin dekooderi ensinnäkin löytää todennäköisimmän reitin tilasiirtymien kautta, mutta lisäksi se pystyy ilmoittamaan todennäköisyydet, joilla tietyt lähetetyn, koodatun informaation osa-alueet kytetään rekonstruoimaan oikein. Käytännön syistä mainittua ilmoitusta nimitetään tässä tekstissä kyseisen dekoodatun informaation osa-alueen 'luotettavuuslukemaksi'.

Tunnettuja menetelmiä luotettavuuslukeman saamiseksi tietylle dekoodatun informaation osa-alueelle on käsitelty esimerkiksi julkaisussa H. Yamamoto ja K. Itoh: "Viterbi Decoding Algorithms for Convolutional Codes with Repeat Request," IEEE Transactions on Information Theory, vol. IT-26, no. 5, s. 540-547, syyskuu 1980, joka liitetään tähän hakemukseen viittaamalla. Nyt esillä olevan hakemuksen kanssa yhtäaikaan vireillä oleva suomalainen patenttihakemus "**Menetelmä ja laite dekoodatun symbolisarjan luotettavuuden määrittämiseksi**" tuo esiin uuden ja erittäin tehokkaan tavan luotettavuusasteikon tai jonojen luotettavuustilaston luomiseksi; mainittu yhtäaikaan vireillä oleva suomalainen patenttihakemus liitetään myös tähän hakemukseen viittaamalla. A.R. Raghavanin ja C.W. Baumin artikkelissa "A Reliability Output Viterbi Algorithm with Applications to Hybrid ARQ", IEEE Transactions on Information Theory, vol. IT-44, no. 3, s. 1214-1216, toukokuu 1998, joka niin ikään liitetään tähän hakemukseen viittaamalla, ehdotetaan toista lähestymistapaa, jossa lasketaan ehdollinen *a posteriori* -todennäköisyys dekoodatun jonon virheille.

Ennestään tunnetaan myös niin sanottu luettelodekoodauksen tai hakudekoodauksen lähestymistapa, jossa Viterbi-dekoodauksen algoritmi ei anna yhtä ainoaa tulosjonoa, jolla on korkein luotettavuusarvo logaritmisen todennäköisyyden kannalta, vaan luettelon keskenään vaihtoehtoisista jonoista arvioitujen luotettavuuksien laskevassa suuruusjärjestyksessä. Tällainen lähestymistapa tunnetaan mm. patenttijulkaisusta EP 0 606 724 A1 ja artikkelista Nill et al.: "List and Soft Symbol Output Viterbi Algorithms: Extensions and Comparisons", IEEE Transactions on Communications, Vol. 43, No. 2/3/4, helmikuu/maaliskuu/huhtikuu 1995. Edellä mainittuihin luettelodekoodaussovelluksiin palataan jäljempänä nyt esillä olevan keksinnön kuvauksen yhteydessä.

Kuviossa 3 on kuvattu osittain dekoodattu ylipaketti 300, joka koostuu neljästä perättäisestä alipaketista 301, 302, 303 ja 304 sekä CRC-tarkistusluvusta 305. Osittaisella koodauksella tarkoitetaan, että ylipaketin virheenkorjauskoodi on poistettu. Häntäbitit, jotka lisättiin, jotta virheenkorjauskoodi päättyisi haluttuun tilaan, on poistettu virheenkorjauksen dekoodauksen aikana, ja tästä johtuu ylipaketin lopussa oleva, katkoviivoin merkitty lohko 306. Virheenkorjausdekoodauksen aikana on havaittu, että ensimmäiselle alipaketille laskettu luotettavuuslukema on 80 jollakin valitulla asteikolla 0 - 100. Havaitut luotettavuuslukemat toiselle 302, kolmannelle 303 ja neljännelle alipaketille 304 ovat vastaavasti 75, 40 ja 60.

Kun virheenkorjauskoodi on poistettu ja alipaketeille on luotu luotettavuuslukemat, vastaanottava laite yrittää havaita ylipaketin mahdolliset virheet suorittamalla virheentunnistuksen dekoodauksen sinänsä tunnetulla tavalla. Esimerkiksi CRC-tarkistusluvun laskeminen ja sen vertaaminen siihen tarkistuslukuun, joka on lähetetty yhdessä ylipaketin kanssa, voi paljastaa, että ylikehyksestä löytyy virheitä. Käytämällä jotain kehittyneempää virheentunnistusdekoodausmenetelmää voidaan jopa saada arvio ylikehyksestä löytyneiden virheiden lukumäärästä. Tällaisiin erittäin kehittyneisiin virheentunnistusdekoodausmenetelmien sovelluksiin palataan jäljempänä.

Riippumatta siitä, saadaanko virheentunnistuksen dekoodauksen tuloksena vain ilmoitus löytyneistä virheistä vai peräti virheiden lukumäärä, tässä vaiheessa vastaanottava laite soveltaa joitakin ennalta määrättyjä sääntöjä päätelläkseen, missä alipaketissa/paketeissa havaittujen virheiden pitäisi olla. Kuviossa 3 esitetyn esimerkinomaisen luotettavuuslukema-asteikon perusteella saadaan kaksi kaikkein todennäköisintä vaihtoehtoa: joko kaikki havaitut virheet sijaitsevat kolmannessa alipaketissa 303, koska sillä on ehdottomasti alhaisin luotettavuuslukema, tai sitten ensimmäinen virheiden joukko sijaitsee kolmannessa alipaketissa 303 ja loput vir-

heistä neljännessä alipaketissa 304, koska näillä kahdella on alhaisimmat luotettavuuslukemat. Päättyksääntöjen valintaan palataan jäljempänä; nyt esillä olevan keksinnön kannalta riittää, kun tiedetään, että vastaanottavalla laitteella on deterministiset keinot "epäilyttävän" alipaketin/pakettien tunnistamiseksi.

- 5 Keksintö ei rajoita mahdollisuuksia, joilla vastaanottava laite voi reagoida epäilyttävien pakettien tunnistamiseen. Yleensä pakettidatan siirron tavoitteena on eliminoida kaikki lähetyksvirheet niin tarkkaan kuin suinkin, mikä edellyttää, että vastaanottavan laitteen täytyy pyytää uusintalähetystä epäilyttävien pakettien osalta. Uusintalähetyks voi noudattaa mitä tahansa nykyisiä tai tulevia uusintalähetyksen sääntöjä lähetyksen uudelleen aloittamisesta aina kaikkein edullisimpiin selektiivisiin uusintalähetyksen ja optimaalisen suhteen yhdistäviin tekniikoihin. Yksi edullinen uusintalähetyksjärjestely liittyy sen tietoliikennejärjestelmän kehysrakenteen hyväksikäyttöön, jossa keksintöä on tarkoitus soveltaa; järjestelyä kuvataan yksityiskohtaisemmin tuonnempana. Yhtenä vaihtoehtona luonnollisesti on, että vastaanottava laite vain merkitsee epäilyttävät alipaketit virheellisiksi, minkä jälkeen on lähettävää dataa hyödyntävän sovelluksen vastuulla joko käyttää dataa huolimatta mahdollisista virheistä, julistaa mainitut alipaketit mitättömiksi tai yrittää korjata tai piilottaa virheet joko interpolointimenetelmän avulla tai jollain muulla keinoin.

- 20 Kuvio 4a on yleisesitys keksinnön mukaisesta menetelmästä lohkokaaaviona, jossa on esitetty yhden ylipaketin koodaus, lähetyks ja dekkoodaus sekä eräitä niihin liittyviä mahdollisia uusintalähetyksyrityksiä. On syytä panna merkille, että keksintöä sovelletaan yleensä sellaisen informaatioyksikön lähettämiseen, joka on paljon suurempi kuin yhden ylipaketin kapasiteetti. Toisin sanoen kuviossa 4a kuvatut vaiheet toistuvat moneen kertaan tyypillisessä tietoliikenneyhteydessä. Ajallisesti toistot ovat osittain päällekkäisiä, koska tiettyyn ylipakettiin liittyvien uusintalähetyksien aikana on jo meneillään seuraavan ylipaketin/pakettien alkuperäinen lähetyks.

- 30 Vaiheessa 401 lähettävä laite muodostaa ylipaketin liittämällä yhteen joukon alipaketteja, joiden lukumäärä on kokonaisluku. Vaiheet 402 ja 403 vastaavat ylipaketin virheentunnistuskoodausta ja virheenkorjauskoodausta tässä järjestyksessä. Vaiheessa 404 lähettävä laite lähettää koodatun ylipaketin vastaanottavalle laitteelle. Vaiheen 404 on tarkoitus kattaa kaikki sellaiset moduloinnin, ylössuuntaisen konvertoinnin, alassuuntaisen konvertoinnin ja demoduloinnin vaiheet, jotka ovat tyypillisiä radio- tai verkkoyhteyksille, mutta epäolennaisia nyt esillä olevan keksinnön suojaapiirin kannalta. Vaiheessa 405 vastaanottava laite poistaa virheenkorjauskoodin ja toteaa eri alipaketteja vastaavat luotettavuuslukemat. Jos käytetään luettelodekkoodausmenetelmää, vaiheessa 405 generoidaan luettelo keskenään vaihtoehtoisia jono-

ja ja niihin liittyviä, kutakin alipakettia koskevia luotettavuuslukemia, jolloin seuraavassa tarkastellaan jokaisen luettelon ylintä jonoa ja siihen liittyviä luotettavuuslukemia. Vaiheessa 406 vastaanottava laite suorittaa virheentunnistusdekoodauksen ja mahdollisesti myös ilmoittaa havaittujen virheiden lukumäärän; yksinkertaisemmassa suoritusmuodossa riittää ilmoitus, onko virheitä löytynyt vai ei. Vaihe 407 vastaa epäilyttävien alipakettien tunnistamista.

Olettakaamme ensin, ettei havaittujen virheiden lukumäärästä ole saatavilla tietoa, mikä tarkoittaa, että virheentunnistusdekoodaus vain ilmoittaa, onko virheitä löytynyt vai ei. Seuraavassa on eräitä edullisia, vaihtoehtoisia sääntöjä epäilyttävien alipakettien tunnistamiseksi vaiheessa 407:

1) Keskiarvoon tai mediaaniin pohjautuvat säännöt: vastaanottava laite laskee luotettavuuslukemien keskiarvon tai mediaanin, jota merkitään kirjaimella M. Epäilyttäviä ovat kaikki alipaketit, joiden luotettavuuslukema on sama tai pienempi kuin J prosenttia M:stä, jolloin J on esimerkiksi 80 tai 100 tai jokin muu ennalta määrätty arvo, johon on päädytty kokeiden tai simulaation kautta. Vaihtoehtona prosenttimääräiselle määritelmälle vastaanottava laite voi laskettuaan M:n arvon tutkia, onko alipakettien joukossa yhtä tai useampaa sellaista, jonka luotettavuuslukema poikkeaa huomattavasti M:stä. Alipaketit, joiden luotettavuuslukema on huomattavan alhainen, voidaan luokitella epäilyttäviksi, kun taas muut luokitellaan "puhtaiksi"; tai sellaiset alipaketit, joiden luotettavuuslukema on huomattavan korkea, voidaan luokitella ei-epäilyttäviksi, jolloin kaikki muut alipaketit joutuvat uusintalähetykseen.

2) Suuruusjärjestykseen pohjautuvat säännöt: vastaanottava laite järjestää alipaketit laskevaan tai nousevaan suuruusjärjestykseen luotettavuuslukemien mukaan. Vakiomäärä alipaketteja luettelon huonommasta päästä luokitellaan aina epäilyttäväksi, jos virheenkorjausdekoodaus ilmoittaa, että virheitä on löytynyt. Mainittu vakiomäärä voi olla esim. yksi alipaketti tai puolet kaikista ylipaketin sisältämistä alipaketeista.

3) Eri uusintalähety skierroksilla epäilyttäväksi luokitellaan erilainen määrä alipaketteja.

- Ensimmäisellä uusintalähety skierroksella epäilyttävä on vain se alipaketti, jolla on alhaisin luotettavuuslukema.

- Jos tarvitaan toinen uusintalähety skierros, epäilyttäviä ovat ne kaksi alipakettia, joilla on alhaisimmat luotettavuuslukemat.

- Jatketaan samaan tapaan, kunnes uusintalähetyskierröksellä numero P, jos se on tarpeen, kaikki alipaketit ovat epäilyttäviä; tässä P on sama kuin kaikkien ylipaketin sisältämien alipakettien lukumäärä.

5 Seuraavaksi tarkastellaan, miten hyödynnetään havaittujen virheiden arvioitua lukumäärää, jos tällainen tieto on tarjolla. Olkoon havaittujen virheiden lukumäärä N ja ylipaketin sisältämien alipakettien kokonaismäärä jälleen P. Seuraavassa eräitä edullisia, modifioituja sääntöjä epäilyttävien alipakettien tunnistamiseksi vaiheessa 407:

1) Keskiarvoon tai mediaaniin perustuvat säännöt: vastaanottava laite laskee luotettavuuslukemien keskiarvon tai mediaanin, jota merkitään kirjaimella M.

10 - Jos $N \leq P/2$, epäilyttäviä ovat kaikki ne alipaketit, joiden luotettavuuslukema on sama tai pienempi kuin 80 prosenttia M:stä.

- Jos $P/2 < N \leq 2P$, epäilyttäviä ovat kaikki ne alipaketit, joiden luotettavuuslukema on sama tai pienempi kuin M.

15 - Jos $N > 2P$ tai M on pienempi kuin ennalta määrätty kynnyisarvo, kaikki alipaketit ovat epäilyttäviä.

Edellä esitetyissä epäyhtälöissä käytetyt raja-arvot ja prosenttimäärät voidaan valita eri tavoin; sopivimmat raja-arvot saadaan edullisimmin selville simuloinnin ja/tai suoritettujen kokeiden perusteella.

2) Suuruusjärjestykseen perustuvat säännöt: vastaanottava laite järjestää alipaketit nousevaan tai laskevaan suuruusjärjestykseen luotettavuuslukemien mukaan.

- Jos $N \leq P/2$, epäilyttäväksi luokitellaan vain se alipaketti, jolla on alhaisin luotettavuuslukema.

- Jos $P/2 < N \leq 2P$, epäilyttäväksi luokitellaan alipakettien luettelon (luotettavuuslukemien kannalta) alempi puolisko.

25 - Jos $N > 2P$, epäilyttäviä ovat kaikki alipaketit.

Jälleen raja-arvot voidaan määritellä simuloinnin ja/tai suoritettujen kokeiden perusteella.

Edellä esitettyjä sääntöjä voidaan yhdistellä eri tavoin. Voidaan myös soveltaa muita mahdollisia sääntöjä poikkeamatta nyt esillä olevan keksinnön suojapiiristä.

30 Eräänlainen rajatapaus on julistaa kaikki alipaketit epäilyttäväksi joka kerta, kun virheentunnistuskoodin dekooodaus ilmoittaa virheiden löytymisestä, mutta siinä tapauksessa nyt esillä olevan keksinnön ansiosta saavutetut edut menetetään varsin suurelta osin.

Voi tietenkin sattua, että vastaanottava laite ei vaiheessa 406 havaitse lainkaan virheitä vastaanotetussa ja dekodatussa ylipaketissa. Siinä tapauksessa se ohittaa vaiheen 407 ja siirtyy dekodausprosessin loppuun katkoviivalla merkityn nuolen mukaisesti.

- 5 Vaiheessa 408 vastaanottava laite generoi ja lähettää uusintalähetyspyynnön, ja vaiheessa 409 lähetävä laite generoi pyydetyn uusintalähetyksen ja lähettää sen vastaanottavaan laitteeseen. Näiden vaiheiden toteuttamiseksi on olemassa useita eri vaihtoehtoja. Seuraavassa kuvataan kahta hyvin erilaista vaihtoehtoa, joita nimitetään uusintalähetyksiksi tyyppiä I ja tyyppiä II.
- 10 Tyyppin I mukainen uusintalähetys sisältää tarkan kopion jokaisesta sellaisesta alipaketista, jonka uusintalähetystä on pyydetty. Vastaanottava laite voi sitten valita, korvaako se jokaisen aikaisemmin vastaanotetun alipaketin uudella, vai soveltaako se monitieyhdistelyä (esim. optimisuhdeyhdistelyä) käyttääkseen hyväksi sekä alun perin vastaanotetun alipaketin että sen myöhemmin vastaanotetun kopion tai kopioiden sisältämää informaatiota. Pyrittäessä alkuperäisen informaation onnistuneeseen
- 15 rekonstruktioon jälkimmäinen vaihtoehto on tehokkaampi, mutta se vaatii enemmän muisti- ja prosessointikapasiteettia.

- Tyyppin II mukainen uusintalähetys sisältää lisättyjä pariteettibittejä tai jotain muuta tietoa, jonka tarkoituksena on auttaa vastaanottavaa laitetta alkuperäisen informaation rekonstruoinnissa. Tämä lähestymistapa sopii erityisesti silloin, kun käytetään
- 20 niin sanottuja nopeudeltaan yhteensopivia konvoluutiokodeja, RCPCC (Rate Compatible Punctured Convolutional Codes), mikä tarkoittaa, että alkuperäinen lähetys on muodostettu punkturoimalla eli jättämällä joitakin bittejä kokonaan pois konvoluutiokoodatusta (emokoodi) alkuperäisinformaatiosta ja että pyydetyt uusintalähetykset sisältävät punkturoitujen bittien valikoituja osajoukkoja. Nyt esillä olevaa keksintöä on erittäin edullista käyttää yhdessä tyyppiä II edustavien uusintalähetyksien kanssa, koska ne toimivat todella hyvin, jos uusintalähetyksissä lähetetyt lisäinformaation yksiköt ovat pieniä.

- Vaihe 410 vastaa tilannetta, jossa vastaanottava laite omaksuu uusintalähetyksistä
- 30 vastaanotetun informaation mukaan dekodausprosessiin. Riippuen siitä, käytetäänkö uusintalähetyksen tyyppiä I vai II (vai jotain muuta tyyppiä), vaihe 410 muotoutuu eri tavoin: voidaan korvata kokonaisia aikaisemman informaation osayksiköjä, suorittaa monitieyhdistely aikaisemman informaation kanssa tai ottaa lisätyt pariteettibitit mukaan dekodausprosessiin. Joka tapauksessa vastaanottava laite yrittää
- 35 dekodata ylipaketin vielä kerran vaiheessa 411 ja havaita mahdollisesti jäljellä ole-

vat virheet vaiheessa 412. Jos virheitä vielä löytyy, alkaa uusi uusintalähetyskierrros. Uusi uusintalähetyskierrros, samoin kuin mahdolliset myöhemmät uusintalähetyskierrrokset, voivat kukin sisältää uuden kierroksen, jossa tunnistetaan epäilyttäviä alipaketteja; vaihtoehtoisesti voidaan käyttää aikaisemmin tunnistettuja epäilyttäviä alipaketteja. Uusintalähetyskierrrosta/kierroksia esittää kaaviomaisesti lohko 413. Jos jossain vaiheessa ei havaita virheitä, jos löytyneiden virheiden lukumäärä jää alle ennalta määrätyn hyväksyttävän tason (kun löytyneiden virheiden lukumäärä on käytettävissä) tai jos käsiteltävänä olevan ylipaketin dekodauksen määräaika on kulunut umpeen, prosessi päättyy vaiheessa 414 joko siihen, että virheetön dekodattu ylipaketti toimitetaan eteenpäin, tai siihen, että tehdään ilmoitus virheestä; jälkimmäistä vaihtoehtoa sovelletaan myös siinä tapauksessa, että dekodauksen määräaika on kulunut umpeen.

Seuraavaksi käsitellään yksittäistä esimerkkiä siitä, kuinka keksintöä sovelletaan kehitteillä olevaan laajakaistaisen koodijakoisen monikäytön ympäristöön WCDMA:han (Wideband Code Division Multiple Access) kolmannen sukupolven digitaalisissa tietoliikenteen solukkojärjestelmissä. Olettakaamme seuraavaa: chipnopeus on 4,096 Mchip/s, modulaatio on QPSK (Quadrature Phase Shift Keying), lyhyen hajotuskoodin pituus on 32, mikä tarkoittaa 128 ksymbol/s. Näin ollen 10 ms:n kehys käsittää 1280 QPSK-symbolia, eli 2560 bittiä. Edelleen jokainen kehys käsittää 16 aikaväliä, jolloin kussakin aikavälissä on 80 QPSK-symbolia. Ohjausinformaatio, kuten pilotti- ja tehonsäätöinformaatio, ilmoitus liikenteen formaatista ja paketin otsikkotieto, vievät noin 10-15 prosenttia symbolikapasiteetista. Varattavien resurssien perusyksikkö on aikaväli.

Olettakaamme ensin, että sovelletaan tyyppin I mukaista uusintalähetystä. Ylipaketti voi sopia täsmälleen yhteen kehykseen ja koostua 16 aikavälistä. Alipaketti voi käsittää 2 aikaväliä, jolloin yhdessä ylipaketissa on 8 alipakettia. Alkuperäiset ylipaketit ja uudelleen lähetetyt ylipaketit sijoitetaan kehysrakenteeseen jatkuvatoimisella menetelmällä, joka pyrkii aina täyttämään lähetettävät kehykset kokonaan. Se tarkoittaa, että ylipaketin alkuperäinen lähetys voidaan suorittaa kahdella perättäisellä kehyksellä, siten että ne kehysten osat, jotka ovat jääneet käyttämättä, täytetään uusintalähetyksillä. Alipakettien kaksitasoinen numerointi, johon edellä viitattiin, mahdollistaa sen että vastaanottava laite kykenee rekonstruoimaan ylipaketit oikein. Olettakaamme, että jokainen ylipaketti käsittää 32 CRC-bittiä, jolloin havaitsemattomien virheiden todennäköisyyden ylärajaksi saadaan $2,3 \cdot 10^{-10}$, ilman tietoa havaittujen virheiden tarkasta lukumäärästä (kun se on suurempi kuin nolla). Jokaisen ylipaketin loppuun vaaditaan tietty määrä häntäbittejä. Vertauksen vuoksi voimme las-

kea, että perinteisessä, kuvion 1 periaatteiden mukaisessa järjestelyssä tarvittaisiin kahdeksankertainen määrä häntäbittejä, ja jos oletetaan, että kussakin paketissa on 16 CRC-bittia, havaitsemattomien virheiden ylärajaksi saataisiin $8 \cdot 1,5 \cdot 10^{-5}$ eli $1,2 \cdot 10^{-4}$, jolloin CRC-bittien määrä olisi nelinkertainen.

- 5 Jos oletetaan, että sovelletaan tyyppin II mukaista uusintalähetystä ja samaa 16 aikavälin ja 8 alipaketin ylipakettia, uusintalähetyshlohkot, jotka kuljettaisivat lisäksi tarvittavan pariteetti-informaation, veisivät esimerkiksi 2 aikaväliä. Uusintalähetyks voitaisiin järjestää 8 lohkokoon, niin että lisäpariteettibittien määrää lisättäisiin kumulatiivisesti, jolloin tulokseksi saataisiin teholliset koodinopeudet, arviolta 0,8889, 10 0,8, 0,7273, 0,6667, 0,6154, 0,5714, 0,5333 ja 0,5. Samalla tavoin kuin tyyppin I mukaisessa järjestelyssä, varsinainen fyysisen tason kehysrakenne voidaan täyttää jatkuvatoimisesti alkuperäisillä ylipaketeilla ja uusintalähetyshlokoilla, niin että ylipaketin alkuperäinen lähetys voi tapahtua kahdessa perättäisessä kehyksessä.

- Riippumatta siitä, mitä sääntöä/sääntöjä käytettiin epäilyttävän alipaketin/pakettien 15 tunnistamisessa kuvion 4a vaiheissa 406 ja 407, vaiheiden 407 ja 408 välillä voidaan suorittaa luettelon tarkistuskierros, jos vaiheessa 405 on käytetty luettelodekoodausta. Seuraavassa kuvataan lyhyesti eräitä tähän liittyviä edullisia toimintoja viittamalla kuvioon 4b.

- Kuvion 4b vaihe 450 vastaa vastaanottavaa laitetta, joka yrittää korvata ainakin yhden epäilyttävää alipakettia edustavan dekodatun jonon vaihtoehtoisella jonolla, 20 joka on poimittu keskenään vaihtoehtoisten dekodattujen jonojen luettelosta, jonka luettelon dekodausmenetelmä on generoinut. Vaihe 451 vastaa seuraavaa uutta virheentunnistusdekoodauskierrosta. Vaiheesta 451 voi olla paluusiilmukka vaiheeseen 450, jos on tarkoitus kokeilla useita perättäisiä korvaustoimenpiteitä. Vaiheessa 450 25 suoritettavalle korvaustoimenpiteelle on olemassa lukuisia vaihtoehtoisia strategioita, jos epäilyttäviksi tunnistettuja alipaketteja on useita. Ensimmäinen vaihtoehtoinen strategia on sama, jota sovelletaan, kun epäilyttäviä alipaketteja on vain yksi (se jolla on alhaisin luotettavuuslukema): sitä edustava dekodattu jono korvataan sitä välittömästi seuraavalla kandidaattijonolla, joka on poimittu vastaavasta listasta; 30 sitten kokeillaan uudelleen ylipaketin virheentunnistusdekoodausta sen selvittämiseksi, onko suoritettu korvaustoimenpide korjannut virheen. Jos näin ei ole käynyt, jatketaan poimimalla samasta luettelosta yksi kerrallaan aina seuraava kandidaattijono. Uusintalähetystä pyydetään vasta sitten, jos mikään luettelosta poimituista jonoista ei johda virheentunnistuksen dekodauksen kannalta tyydyttävään tulokseen.
- 35 Toinen mahdollinen strategia on suorittaa korvaustoimenpide ensin sille alipaketille, jonka luotettavuuslukema on alhaisin, ja jos tämä ei auta, peruuttaa korvaus ja ko-

keilla sen alipaketin korvaamista, jonka luotettavuuslukema on toiseksi alhaisin. Jos epäilyttäväksi tunnistettujen alipakettien lukumäärä on suurempi kuin yksi, ja luetteloissa on useita kandidaattijonoja, korvausten mahdollisten vaihtoehtojen lukumäärä kasvaa helposti hyvin suureksi.

- 5 Luettelodekoodaus säästää usein aikaa, jos vastaanottavan laitteen prosessointinopeus on suuri verrattuna siihen keskimääräiseen nopeuteen, jolla uusintalähetyksiä saadaan. Siksi voi olla edullista sijoittaa vaiheet 450 ja 451 sekä niiden välinen mahdollinen silmukka kuviossa 4a esitettyjen vaiheiden 407 ja 408 väliin. Silti voi käydä niin, ettei korvausmenettely kykene tuottamaan virheistä vapaata jonoa, jolloin uusintalähetystä tarvitaan siitä huolimatta; siinä tapauksessa korvaustoimenpiteeseen/toimenpiteisiin kulutettu aika on mennyt hukkaan. Yksi mahdollinen ratkaisu on pyytää uusintalähetystä aina kun virheitä havaitaan ja suorittaa korvausyrityksiä sillä aikaa, kun vastaanotettava laite odottaa uusintalähetyksen saapumista. Toisin sanoen vaiheet 450 ja 451 tapahtuisivatkin samanaikaisesti vaiheiden 408 ja 15 409 kanssa (ja mahdollisesti vaiheen 413 kanssa). Tällainen ratkaisu on edullinen esimerkiksi parannuksena korkealuokkaiseen tuotteeseen, jossa on runsaasti ylimääräistä prosessointikapasiteettia: ne järjestelmän kuvaukset, jotka sopivat kaikkiin tuotteisiin, edellyttävät uusintalähetyksen välitöntä pyytämistä, mutta korkealuokkaisessa tuotteessa vastaanottonopeutta ja -turvallisuutta voidaan lisätä täydentämällä 20 uusintalähetyksen selektiivisellä luettelodekoodaus- ja korvausstrategialla.

- Kuvio 5 esittää kaaviomaisesti keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaista lähetintä 500. Lähettimessä on FIFO-tyyppinen (First In, First Out) pakettipuskuri 501, johon lähetettävät alipaketit tilapäisesti tallennetaan. Ylipaketin muodostuspuskuri 502 on järjestetty täytettäväksi ennalta määrätyllä määrällä alipaketteja, jotka 25 luetaan pakettipuskurista 501, ja tulokseksi saatava ylipaketti on järjestetty johdettavaksi virheentunnistuskooderin 503 ja virheenkorjauskooderin 504 läpi. Uusintalähetyspuskuri 505 on järjestetty tilapäisesti tallentamaan kopio informaatiosta, jota tarvitaan jokaisen alipaketin mahdollisen uusintalähetyksen varalta. Kehysmultiplekseri 506 järjestää alkuperäiset lähetykset ja tarvittavat uusintalähetykset fyysisen kerroksen kehysrakenteen kehyksiin optimaalisella tavalla, toisin sanoen niin, että se 30 yrittää täyttää jokaisen kehyksen pyrkien samalla noudattamaan lähetysten sallittuja viiveitä koskevia sääntöjä. Uusintalähetysohjain 507 pitää luettelo pyydetyistä uusintalähetyksistä ja ohjaa uusintalähetyspuskurin 505 ja kehysmultiplekserin toimintaa sen mukaisesti. Lähetinyksikkö 508 huolehtii varsinaisesta lähettämisestä, ja 35 vastaanotinyksikkö 509 vastaanottaa uusintalähetyspyynnöt ja välittää ne uusintalähetysohjaimelle 507.

Keksinnön mukaisesti ylipaketti muodostetaan ennen virheentunnistuskoodausta ja virheenkorjauskoodausta, ja lähettimen kooderit 503 ja 504 järjestetään niin, etteivät ne kiinnitä huomiota alipakettien välisiin rajoihin. Uusintalähetysjärjestelmä järjestetään kuitenkin toimimaan alipakettien perusteella, toisin sanoen tunnistamaan uusintalähetyspyynnöt alipakettitasolla ja tuomaan tarvittavan alipakettitason uusintalähetysinformaation lähettävän laitteen lähetyksiin kehysmultiplekserin 506 ja lähetyksikön 508 kautta.

Kuviossa 6 on kaaviomaisesti esitetty erään keksinnön edullisen suoritusmuodon mukainen vastaanotin 600. Vastaanotinyksikkö 601 on järjestetty fyysisesti vastaanottamaan lähettimeltä tulevat lähetykset ja konvertoimaan ne dekodeaukselle sopivaan muotoon. Puskurimuistia 602, johon kuuluu uudelleenkombinaatiologiikka (ei esitetty erikseen), käytetään tilapäisesti tallentamaan dekodeaamattomat ylipaketit, eli valmistautumaan uudelleen lähetetyn lisäinformaation lisäämiseen ja huolehtimaan varsinaisesta alkuperäisen ylipaketin ja uudelleen lähetetyn lisäinformaation yhdistämisestä. Puskurimuistin ulostulo on yhdistetty virheenkorjausdekooderiin 603, joka on järjestetty suorittamaan virheenkorjausdekoodaus ja tallentamaan luotettavuuslukemat lukumuistiin 604. Virheenkorjausdekooderi 605 on edelleen järjestetty dekodeamaan virheentunnistuskoodi ja ilmoittamaan, onko virheitä havaittu (tai jopa mikä on havaittujen virheiden lukumäärä) uusintalähetysten ohjausyksikölle 606. Virheentunnistusdekooderista 605 on myös ulostulo virheettömien ylipakettien syöttämiseksi ylipakettien purkulohkoon 607, jossa alkuperäiset datapaketit rekonstruoidaan. Uusintalähetysten ohjauslohko 606 on järjestetty tarpeen vaatiessa generoimaan uusintalähetyspyyntöjä lohkoista 605 ja 604 saadun informaation perusteella ja lähettämään uusintalähetyspyynnöt lähetyksikön 608 kautta. Lisäksi uusintalähetysten ohjauslohko 606 ohjaa vanhentuneiden (dekoodattujen ja virheettömiksi todettujen tai umpeutuneen aikarajan takia vanhentuneiksi luokiteltujen) ylipakettien poistamista puskurimuistista 602.

Vastaanottavassa laitteessa, joka soveltaa luettelodekoodausmenetelmää, virheenkorjausdekooderissa 603 tai sen käytössä täytyy olla muistilohko, johon voidaan tilapäisesti tallentaa luettelot keskenään vaihtoehtoisista dekodeatuista jonoista ja niihin liittyvistä luotettavuuslukemista. Samoin uusintalähetysten ohjauslohkon 606 täytyy olla järjestetty suorittamaan valitun korvausstrategian mukaiset korvaustoimenpiteet joko ennen kuin uusintalähetyspyyntöjä on lähetetty tai samanaikaisesti niiden kanssa.

Niitä keksinnön yksittäisiä suoritusmuotoja, joita edellä on käsitelty, on kuvattu vain esimerkinomaisesti, eivätkä ne mitenkään rajoita keksinnön soveltamista oheisissa

patenttivaatimuksissa määritellyn suojapiirin puitteissa. Yksi mahdollinen lisäys keksintöön on muidenkin mittausten toteuttaminen samanaikaisesti kun lasketaan luotettavuuslukemia epäilyttävien alipakettien tunnistamiseksi. Esimerkki tällaisesta lisäyksestä on yleisen signaali-kohinasuhteen, kantoaalto-häiriösuhteen tai vastaan yleisesti tunnetun radioyhteyden laatuarvion käyttäminen. Vastaanottava laite voi esimerkiksi päättää, että jos signaali-kohinasuhde on tiettyä kynnyksarvoa suurempi, CRC-yhteensopimattomuus tulkitaan aina yhdeksi lähetysvirheeksi, ja näin ollen vain yksi alipaketti luokitellaan epäilyttäväksi. Tässä tapauksessa signaali-kohinasuhteen alhaisemmat arvot - ennalta määrätyn funktion tai hakutaulukon mukaan - aiheuttaisivat sen, että CRC-yhteensopimattomuus tulkittaisiin osoitukseksi arvioitujen virheiden korkeammasta lukumäärästä, jolloin epäilyttäväksi luokiteltiin vastaavasti suurempi määrä alipaketteja.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä digitaalisen informaation luotettavaksi vastaanottamiseksi lähettävästä laitteesta, joka vastaanotettava informaatio
- järjestetään erillisiksi aliyksiköiksi (201, 202, 203, 204, 301, 302, 303, 304), niin
- 5 että ennalta määrätty aliyksikköjen määrä vastaa yhtä yliyksikköä (200, 300), ja
- koodataan tietyllä virheentunnistuskoodilla (402), joka vastaa tiettyä virheentunnistusdekoodausmenetelmää, ja lisäksi tietyllä virheenkorjauskoodilla (403), joka vastaa tiettyä virheenkorjausdekoodausmenetelmää,
- tunnettu** siitä, että menetelmässä on seuraavat vaiheet:
- 10 - yliyksikkö virheenkorjausdekoodataan (405),
- virheenkorjausdekoodauksen (405) aikana arvioidaan erikseen jokaisen dekodattavan yliyksikön aliyksikön dekodausluotettavuus,
 - yliyksikkö, joka on virheenkorjausdekoodattu, virheentunnistusdekoodataan (406),
 - virheentunnistusdekoodauksen aikana tutkitaan, onko dekodattavassa yliyksikössä
- 15 virheitä, ja
- jos dekodatusta yliyksiköstä löytyy virheitä, järjestetään dekodatulle yliyksikölle osittaiset korjaavat toimenpiteet (407, 408, 409, 450, 451) aliyksikköjen arvioitujen luotettavuuksien perusteella.
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että vaihe, jossa
- 20 dekodatulle yliyksikölle järjestetään osittaiset korjaustoimenpiteet, vastaa uusintalähetysten selektiivistä pyytämistä ja sisältää keskenään vaihtoechoiset alavaiheet a) ja b), joissa
- a) jos dekodatusta yliyksiköstä löytyneiden virheiden lukumäärä on sama tai alhaisempi kuin ennalta määrätty raja-arvo, uusintalähetyksiä ei pyydetä, ja
- 25 b) jos dekodatusta yliyksiköstä löytyneiden virheiden lukumäärä on suurempi kuin mainittu ennalta määrätty raja-arvo,
- ainakin yksi aliyksikkö tunnistetaan (407) epäilyttäväksi sen arvioidun dekodausluotettavuuden ja dekodatusta yliyksiköstä löytyneiden virheiden lukumäärän perusteella, ja
- 30 - uusintalähetystä pyydetään (408) epäilyttäväksi tunnistetun/tunnistettujen aliyksikön/aliyksikköjen osalta.
3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mainittu ennalta määrätty raja-arvo on nolla.

4. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että epäilyttävän aliyksikön/aliyksikköjen tunnistamisessa sovelletaan mediaaniin tai keskiarvoon perustuvia sääntöjä siten, että
- jokainen arvioitu dekooodausluotettavuus on esitetty numeerisena luotettavuuslukema-
5 mana ja että
 - lasketaan luotettavuuslukemien mediaani tai keskiarvo,
ja epäilyttäväksi tunnistetaan ne aliyksiköt, joiden luotettavuuslukema on sama tai alhaisempi kuin mainitun mediaanin tai keskiarvon ensimmäinen ennalta määrätty prosenttimäärä.
- 10 5. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mainittu ennalta määrätty raja-arvo on suurempi kuin nolla ja että mediaaniin tai keskiarvoon perustuvia sääntöjä sovelletaan epäilyttävän aliyksikön/aliyksikköjen tunnistamiseksi siten, että
- jokainen arvioitu dekooodausluotettavuus esitetään numeerisena luotettavuuslukema-
15 mana,
 - lasketaan luotettavuuslukemien mediaani tai keskiarvo,
 - dekoodatusta yliyksiköstä havaittujen virheiden lukumäärän suhde yliyksikön sisältämien aliyksikköjen lukumäärään ilmaisee virhesuhteen,
ja keskenään vaihtoehtoisina alivaiheina
- 20 c) jos virhesuhde on sama tai pienempi kuin ensimmäinen virheen kynnysarvo, epäilyttäväksi tunnistetaan ne aliyksiköt, joiden luotettavuuslukema on sama tai pienempi kuin ensimmäinen kynnysarvolukema,
- d) jos virhesuhde on suurempi kuin mainittu ensimmäinen virheen kynnysarvo, mutta sama tai pienempi kuin toinen kynnysarvo, epäilyttäväksi tunnistetaan ne aliyksiköt, joiden luotettavuuslukema on sama tai pienempi kuin toinen kynnysarvolukema, joka puolestaan on suurempi kuin mainittu ensimmäinen kynnysarvolukema,
tai
- 25 e) jos virhesuhde on suurempi kuin mainittu toinen virheen kynnysarvo, epäilyttäväksi tunnistetaan kaikki yliyksikön aliyksiköt.
- 30 6. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että epäilyttävän aliyksikön/aliyksikköjen tunnistamiseen sovelletaan suuruusjärjestykseen perustuvia sääntöjä siten, että
- kukin arvioitu dekooodausluotettavuus ilmaistaan numeerisena luotettavuuslukema-
na,
 - 35 - aliyksiköt järjestetään alenevaan suuruusjärjestykseen niiden luotettavuuslukemien mukaan ja

- epäilyttäväksi tunnistetaan ennalta määritelty vakiomäärä aliyksikköjä, joilla on alhaisimmat luotettavuuslukemat.

7. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mainittu ennalta määrätty raja-arvo on suurempi kuin nolla ja että epäilyttävän aliyksikön/aliyksikköjen tunnistamiseen sovelletaan suuruusjärjestykseen perustuvia sääntöjä siten, että

- jokainen arvioitu dekodausluotettavuus ilmaistaan numeerisena luotettavuuslukemana,

- dekodatusta yliyksiköstä havaittujen virheiden lukumäärän suhde yliyksikössä olevien aliyksikköjen lukumäärään ilmaisee virhesuhteen, ja keskenään vaihtoehtoisina alivaiheina

f) jos virhesuhde on sama tai pienempi kuin ensimmäinen virheen kynnyсарvo, epäilyttäväksi tunnistetaan aliyksikkö, jolla on alhaisin luotettavuuslukema,

g) jos virhesuhde on suurempi kuin mainittu ensimmäinen virheen kynnyсарvo, mutta sama tai pienempi kuin toinen virheen kynnyсарvo, epäilyttäväksi tunnistetaan aliyksiköistä puolet eli ne, joilla on alhaisimmat luotettavuuslukemat, tai

h) jos virhesuhde on suurempi kuin mainittu toinen virheen kynnyсарvo, epäilyttäväksi tunnistetaan kaikki yliyksikön aliyksiköt.

8. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että niiden aliyksikköjen lukumäärä, jotka tunnistetaan epäilyttäväksi, riippuu kulloistakin yliyksikköä koskevistä, jo lähetetyistä uusintalähetyspyynnöistä.

9. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että niiden aliyksikköjen lukumäärä, jotka tunnistetaan epäilyttäväksi, riippuu erikseen mitatusta arvosta, joka kuvaa yhteyden laatua lähettävän laitteen ja vastaanottavan laitteen välillä.

10. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että vaiheessa, jossa järjestetään dekodatun yliyksikön osittainen korjaava toiminto, on vaihe ainakin yhden aliyksikön kopion lähettämiseksi uudelleen.

11. Patenttivaatimuksen 10 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että se sisältää edelleen seuraavat vaiheet:

- vastaanotetaan pyydetty, uudelleen lähetetty kopio siitä aliyksiköstä/yksiköistä, jotka on aikaisemmin tunnistettu epäilyttäväksi, ja

- korvataan aiemmin epäilyttäväksi tunnistettu aliyksikkö/yksiköt uudelleen lähetetyllä kopiolla.

12. Patenttivaatimuksen 10 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että se sisältää edelleen seuraavat vaiheet:
- vastaanotetaan pyydetty, uudelleen lähetetty kopio siitä aliyksiköstä/yksiköistä, jotka on aikaisemmin tunnistettu epäilyttäviksi, ja
- 5 - monitiehdistellään uudelleen lähetetty kopio sen aliyksikön / niiden yksikköjen kanssa, jotka on aiemmin tunnistettu epäilyttäviksi.
13. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että vaiheessa, jossa järjestetään dekodatun yliyksikön osittainen korjaava toiminto, on vaihe uusin pariteettibittien lähettämiseksi.
- 10 14. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että mainitut uudet pariteettibittit vastaavat sellaisten bittien alijoukkoa, jotka on punkturoitu alun perin vastaanotetusta yliyksiköstä.
15. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että vaiheet, joissa yliyksikkö virheenkorjausdekoodataan (405) ja jokaisen aliyksikön dekodausluotettavuus arvioidaan erikseen sisältävät kunkin aliyksikön kohdalla alivaiheen, jossa
- 15 luodaan luettelo keskenään vaihtoehtoisista dekodatuista bittijonoista arvioidun dekodausluotettavuuden mukaisessa järjestyksessä suurimmasta pienimpään, ja että vaihe, jossa järjestetään dekodatun yliyksikön osittainen korjaava toiminto sisältää vaiheen, jossa ainakin yksi valittu, dekodattu bittijono korvataan toisella dekodatulla, vastaavasta luettelosta poimitulla bittijonolla.
- 20 16. Menetelmä digitaalisen informaation luotettavaksi lähettämiseksi lähettävän laitteen ja vastaanottavan laitteen välillä, **tunnettu** siitä, että menetelmässä on seuraavat vaiheet:
- lähetettävä digitaalinen informaatio järjestetään erillisiksi aliyksiköiksi (201, 202,
- 25 203, 204, 301, 302, 303, 304) ja muodostetaan (402) ennalta määrätystä aliyksikköjen lukumäärästä yliyksikkö (200, 300),
- koodataan (402) mainittu yliyksikkö jatkuvatoimisesti tietyllä virheentunnistuskoodilla (503), joka vastaa tiettyä virheentunnistusdekoodausmenetelmää,
 - koodataan (403) mainittu yliyksikkö jatkuvatoimisesti tietyllä virheenkorjauskoodilla (504), joka vastaa tiettyä virheenkorjausdekoodausmenetelmää,
- 30 - lähetetään (404) koodattu yliyksikkö lähettävästä laitteesta vastaanottavaan laitteeseen,
- mainittu yliyksikkö virheenkorjausdekoodataan (405, 603),
 - virheenkorjausdekoodauksen (405) aikana arvioidaan yksitellen jokaisen dekodat-
- 35 tavan yliyksikön aliyksikön dekodausluotettavuus (604),

- yliyksikön virheenkorjausdekoodauksen jälkeen mainittu yliyksikkö virheentunnistusdekoodataan (406, 605),

- virheentunnistusdekoodauksen aikana tutkitaan, onko dekoodattavassa yliyksikössä virheitä, ja

- 5 - jos dekoodattavasta yliyksiköstä löytyy virheitä, järjestetään dekoodatun yliyksikön osittainen korjaava toiminto (407, 408, 409, 450, 451, 606, 507, 505) aliyksikköjen arvioitujen luotettavuuksien perusteella.

17. Lähettävä laite (500) digitaalisen informaation luotettavaksi lähettämiseksi lähetyskehyksissä, jossa laitteessa on:

- 10 - puskurivälineet (501, 502) ennalta määrätyn määrän aliyksikköjä yhdistämiseksi yliyksiköksi,

- virheentunnistuskoodausvälineet (503) lähetettävän informaation virheentunnistuskoodaamiseksi,

- 15 - virheenkorjauskoodausvälineet (504) lähetettävän informaation virheenkorjauskoodaamiseksi,

- uusintalähetysvälineet (505, 507) uusintalähetyksen mahdollistamiseksi lähetettävän informaation valikoitujen osuuksien osalta,

tunnettu siitä, että

- 20 - virheentunnistuskoodausvälineet (503) ja virheenkorjauskoodausvälineet (504) on järjestetty koodaamaan täysin yhdistettyjä yliyksikköjä,

- uusintalähetysvälineet (505, 507) on järjestetty mahdollistamaan valittujen aliyksikköjen uusintalähetykset ja

- 25 - lähettävässä laitteessa on edelleen multipleksointivälineet (506) koodattujen, yhdistettyjen yliyksikköjen ja valittuja aliyksikköjä koskevien uusintalähetyksen multipleksoimiseksi lähetyskehyksiksi.

18. Patenttivaatimuksen 17 mukainen lähettävä laite, **tunnettu siitä, että** uusintalähetysvälineet on järjestetty tilapäisesti tallentamaan (505) kopio jokaisesta aliyksiköstä siinä muodossa, joka sillä on koodatun, yhdistetyn yliyksikön osana, ja tuottamaan tallennetusta kopiosta kaksoiskappale kyseistä aliyksikköä koskevana uusintalähetyksenä.

- 30 19. Patenttivaatimuksen 17 mukainen lähettävä laite, **tunnettu siitä, että** virheenkorjauskoodausvälineet (503) on järjestetty soveltamaan punkturoitua koodia, joka punkturoi tiettyjä bittejä lähetettävän informaation virheenkorjauskoodauksen aikana, ja että uusintalähetysvälineet on järjestetty tilapäisesti tallentamaan (505) kopiot punkturoiduista biteistä ja tuottamaan tietyn aliyksikön punkturoitujen bittien ennal-

ta määräytyistä alijoukoista kaksoiskappaleet kyseistä aliyksikköä koskevana uusintalähetyksenä.

20. Vastaanottava laite (600) koodatun digitaalisen informaation luotettavaksi vastaanottamiseksi yliyksikköjen (200, 300) muodossa, jotka koostuvat ennalta määrätystä lukumäärästä aliyksiköitä (201, 202, 203, 204, 301, 302, 303, 304),
5 **tunnettu** siitä, että laitteessa on
- virheenkorjausdekoodausvälineet (603) yliyksikön virheenkorjausdekoodaamiseksi ja jokaisen yliyksikön sisältämän aliyksikön dekoodausluotettavuuden arvioimiseksi (604),
 - 10 - virheentunnistusdekoodausvälineet (605) yliyksikön virheentunnistusdekoodaamiseksi ja sen tutkimiseksi, onko yliyksikössä virheitä, ja
 - uusintalähetyksen ohjausvälineet (606), joiden avulla, jos dekoodatusta yliyksiköstä löytyneiden virheiden määrä on jokin muu kuin nolla, tunnistetaan ennalta määrätty lukumäärä dekoodatun yliyksikön aliyksikköjä epäilyttäviksi aliyksikköjen arvioitujen luotettavuuksien perusteella ja generoidaan epäilyttäviksi tunnistettuja
 - 15 aliyksikköjä koskevat uusintalähetyspyynnöt.
21. Patenttivaatimuksen 20 mukainen vastaanottava laite, **tunnettu** siitä, että laitteessa on monitieyhdistelyvälineet aikaisemmin vastaanotetun aliyksikön sisältämän informaation ja kyseisen aliyksikön uudelleen lähetetyn kopion monitieyhdistelemiseksi.
20
22. Patenttivaatimuksen 20 mukainen vastaanottava laite, **tunnettu** siitä, että laitteessa on pariteettibittiyhdistelyvälineet aikaisemmin vastaanotetun aliyksikön sisältämän informaation ja siihen lisätyn, vastaanotetun pariteettibittien alijoukon yhdistämiseksi.

Patentkrav

1. Förfarande för tillförlitligt mottagande av digital information från en sändarapparat, varvid information som skall tas emot
 - anordnas i skilda underenheter (201, 202, 203, 204, 301, 302, 303, 304) så att ett
5 förutbestämt antal underenheter motsvarar en överenhet (200, 300) och
 - kodas med en given feldetekteringskod (402) i enlighet med en given feldetekteringsavkodningsmetod, och dessutom med en given felkorrigeringskod (403) i enlighet med en given felkorrigeringsavkodningsmetod,
kännetecknat av att det innefattar steg för
 - 10 - felkorrigeringsavkodning (405) av en överenhet,
 - skild uppskattning av avkodningstillförlitligheten hos varje underenhet i överenheten som skall avkodas under felkorrigeringsavkodningen (405),
 - feldetekteringsavkodning (406) av den felkorrigeringsavkodade överenheten,
 - detektering av huruvida överenheten som skall avkodas innehåller fel under feldetekteringsavkodningen, och
15 - ifall fel detekterades i den avkodade överenheten, anordnande av delvis korrigerande åtgärder (407, 408, 409, 450, 451) av den avkodade överenheten utgående från underenheternas uppskattade tillförlitlighet.
2. Förfarande enligt patentkrav 1, kännetecknat av att steget för att anordna delvis korrigerande åtgärder av den avkodade överenheten motsvarar selektiv begäran av återsändningar och innefattar inbördes alternativa understeg a) och b) i vilka
 - a) som svar på att antalet detekterade fel i den avkodade överenheten är mindre än eller samma som ett förutbestämt gränsvärde begärs återsändningar inte och
20 b) som svar på att antalet detekterade fel i den avkodade överenheten är större än nämnda förutbestämde gränsvärde
 - 25 - identifieras åtminstone en underenhet som misstänkt utgående från den uppskattade avkodningstillförlitligheten och antalet detekterade fel i den avkodade överenheten och
 - återsändning begärs (408) beträffande den eller de underenheter som identifieras som misstänkta.
30
3. Förfarande enligt patentkrav 2, kännetecknat av att nämnda förutbestämde gränsvärde är noll.
4. Förfarande enligt patentkrav 2, kännetecknat av att median- eller medeltalsbaserade regler tillämpas för att identifiera den eller de misstänkta underenheterna så att
35

- varje uppskattade avkodningspålitlighet visas som ett numeriskt pålitlighetstal, och att

- median- eller medeltalet av tillförlitlighetstalen beräknas, och de underenheter identifieras som misstänkta vilkas tillförlitlighetstal är lägre eller samma som ett första förutbestämt procenttal av nämnda median- eller medeltal.

5. Förfarande enligt patentkrav 2, kännetecknat av att nämnda förutbestämda gränsvärde är högre än noll och median- eller medeltalsbaserade regler tillämpas för att identifiera de misstänkta en eller flera underenheterna så att

- varje uppskattade avkodningstillförlitlighet visas som ett numeriskt tillförlitlighets-

10 tal,

- median- eller medeltalsvärdet för tillförlitlighetstalen beräknas,

- förhållandet mellan antalet detekterade fel i den avkodade överenheten och antalet underenheter i en överenhet anger felförhållandet, och som inbördes alternativa understeg

15 c) som svar på att felförhållandet är mindre än eller lika med ett första feltröskelvärde identifieras de underenheter som misstänkta vilkas tillförlitlighetstal är mindre än eller lika med ett första tröskelvärdetal,

d) som svar på att felförhållandet är större än nämnda första feltröskelvärde men mindre än eller samma som ett andra feltröskelvärde identifieras de underenheter som misstänkta vilkas tillförlitlighetstal är mindre än eller samma som nämnda andra tröskelvärde, som i sin tur är större än nämnda första tröskelvärdetal, eller

20 e) som svar på att felförhållandet är större än nämnda andra feltröskelvärde identifieras alla underenheter i överenheten som misstänkta.

6. Förfarande enligt patentkrav 2, kännetecknat av att regler baserade på storleksordning tillämpas för att identifiera de en eller flera misstänkta underenheterna så att

- varje uppskattade avkodningstillförlitlighet visas som ett numeriskt tillförlitlighets-

30 tal,

- underenheterna anordnas enligt sjunkande värden hos deras tillförlitlighetstal och

- ett förutbestämt konstant antal underenheter med de lägsta tillförlitlighetsvärdena identifieras som misstänkta.

7. Förfarande enligt patentkrav 2, kännetecknat av att nämnda förutbestämda gränsvärde är högre än noll och regler baserade på storleksordningen tillämpas för att identifiera den ena eller flera misstänkta underenheterna så att

35 - varje uppskattade avkodningstillförlitlighet visas som ett numeriskt tillförlitlighets-

tal,

- förhållandet mellan antalet detekterade fel i den avkodade överenheten och antalet underenheter i en överenhet anger felförhållandet, och som inbördes alternativa understeg
- 5 f) som svar på att felförhållandet är mindre än eller lika med ett första felträskelvärde identifieras de underenheter som misstänkta vilkas tillförlitlighetstal är lägst,
- g) som svar på att felförhållandet är större än nämnda första felträskelvärde men mindre än eller samma som ett andra felträskelvärde identifieras den hälft av underenheterna som har det lägsta tillförlitlighetstalet som misstänkt eller
- 10 h) som svar på att felförhållandet är större än nämnda andra felträskelvärde identifieras alla underenheter i överenheten som misstänkta.
8. Förfarande enligt patentkrav 2, **kännetecknat** av att antalet underenheter som identifieras som misstänkta beror på antalet återsändningar som redan begärts beträffande respektive överenhet.
9. Förfarande enligt patentkrav 2, **kännetecknat** av att antalet underenheter som 15 identifieras som misstänkta beror på ett skilt uppmätt värde som beskriver kvaliteten av förbindelsen mellan sändarapparaten och mottagarapparaten.
10. Förfarande enligt patentkrav 1, **kännetecknat** av att steget för att anordna delvis korrigerande åtgärd av den avkodade överenheten innefattar ett steg för att 20 återsända en kopia av åtminstone en underenhet.
11. Förfarande enligt patentkrav 10, **kännetecknat** av att det dessutom innefattar steg för att
- ta emot den begärda återsända kopian av den eller de underenheter som tidigare 25 identifierats som misstänkta och
- ersätta den eller de tidigare som misstänkta identifierade underenheterna med den återsända kopian.
12. Förfarande enligt patentkrav 10, **kännetecknat** av att det dessutom innefattar steg för att
- ta emot den begärda återsända kopian av den eller de underenheter som tidigare 30 identifierats som misstänkta och
- diversitetskombinera den återsända kopian med den eller de underenheter som tidigare identifierats som misstänkta.
13. Förfarande enligt patentkrav 1, **kännetecknat** av att steget för att anordna delvis korrigeringsåtgärd av den avkodade överenheten innefattar ett steg för att överföra nya paritetsbitar.

14. Förfarande enligt patentkrav 1, **kännetecknat** av att nämnda nya paritetsbitar motsvarar en undermängd bitar som punkterats från den ursprungligen mottagna överenheten.
15. Förfarande enligt patentkrav 1, **kännetecknat** av att stegen för att felkorrigeringsavkoda (405) en överenhet och skilt uppskatta avkodningstillförlitligheten hos varje underenhet innefattar ett understeg för att för varje underenhet generera en lista över inbördes alternativa avkodade bitsträngar i ordning av sjunkande uppskattad avkodningstillförlitlighet, och av att steget för att anordna delvis korrigeringsåtgärd av den avkodade överenheten innefattar ett steg för att ersätta åtminstone en utvald avkodad bitsträng med en annan avkodad bitsträng i motsvarande lista.
16. Förfarande för tillförlitligt sändande av digital information mellan en sändarapparat och en mottagarapparat, **kännetecknat** av att det innefattar steg för att
- anordna digital information som skall överföras i skilda underenheter (201, 202, 203, 204, 301, 302, 303, 304) och att bilda (402) en överenhet (200, 300) av ett förutbestämt antal underenheter,
 - koda (402) nämnda överenhet kontinuerligt med en given feldetekteringskod (503) i enlighet med en given feldetekteringsavkodningsmetod,
 - koda (403) nämnda överenhet kontinuerligt med en given feldetekteringskod (504) i enlighet med en given feldetekteringsavkodningsmetod,
 - överföra (404) den kodade överenheten från sändarapparaten till mottagarapparaten,
 - felkorrigeringsavkoda (405, 603) nämnda överenhet,
 - skilt uppskatta avkodningstillförlitligheten (604) hos varje underenhet i överenheten som skall avkodas under felkorrigeringsavkodningen (405),
 - feldetekteringsavkoda (406, 605) den felkorrigeringsavkodade överenheten,
 - detektera huruvida överenheten som skall avkodas innehåller fel under feldetekteringsavkodningen, och
 - ifall fel detekterades i den avkodade överheten, anordna delvis korrigering åtgärd (407, 408, 409, 450, 451, 606, 507, 505) av den avkodade överenheten utgående från underenheternas uppskattade tillförlitlighet.
17. Sändarapparat (500) för att tillförlitligt överföra digital information i överföringsramar, innefattande
- buffertorgan (501, 502) för att kombinera ett förutbestämt antal underenheter till en överenhet,
 - feldetekteringskodningsorgan (503) för att att feldetekteringskoda information som skall sändas,

- feldetekteringskodningsorgan (504) för att felkorrigeringskoda information som skall överföras och
 - återsändningsorgan (505, 507) för att möjliggöra återsändningar beträffande utvalda delar av information som skall överföras, **kännetecknad** av att
 - 5 - feldetekteringskodningsorganen (503) och felkorrigeringskodningsorganen (504) inrättats att koda helt sammanförda underenheter,
 - återsändningsorganen (505, 507) är inrättade att möjliggöra återsändningar beträffande utvalda underenheter och
 - 10 - sändarapparaten innefattar dessutom multiplexeringsorgan (506) för att multiplexera kodade kombinerade överenheter och återsändningar beträffande utvalda underenheter till överföringsramar.
18. Sändarapparat enligt patentkrav 17, **kännetecknad** av att återsändningsorganen inrättats att tillfälligt lagra (505) en kopia av varje underenhet i den form den har som en del av en kodad kombinerad överenhet och producera en dublett av den lagrade kopian som återsändning beträffande berörda underenhet.
- 15
19. Sändarapparat enligt patentkrav 17, **kännetecknad** av att felkorrigeringskodningsorganen (503) inrättats att tillämpa en punkturnerad kod som punkturnerar vissa bitar medan information som skall sändas felkorrigeringskodas, och återsändningsorganen inrättats att tillfälligt lagra (505) kopior av de punkturnerade bitarna och producera dubletter av förutbestämda undergrupper av de punkturnerade bitarna av en given underenhet som återsändning beträffande berörda underenhet.
- 20
20. Mottagarapparat (600) för att tillförlitligt ta emot kodad digital information i form av överenheter (200, 300) bestående av ett förutbestämt antal underenheter (201, 202, 203, 204, 301, 302, 303, 304),
- 25 **kännetecknad** av att den innefattar
- felkorrigeringsavkodningsorgan (603) för att felkorrigeringsavkoda en överenhet och uppskatta (604) avkodningstillförlitligheten hos varje ingående underenhet,
 - feldetekteringsavkodningsorgan (605) för att feldetekteringsavkoda en överenhet och detektera huruvida det förekom fel i överenheten och
 - 30 - återsändningsstyrorgan (606) för att som svar på ett större antal än noll av fel som detekterats i en avkodad överenhet identifiera ett förutbestämt antal underenheter inom den avkodade överenheten som misstänkta utgående från den uppskattade pålitligheten hos underenheterna och för att generera begäran om återsändning beträffande de underenheter som identifierats som misstänkta.

21. Mottagarapparat enligt patentkrav 20, **kännetecknad** av att den innefattar flervägsorgan för att diversitetskombinera information som ingår i en tidigare mottagen underenhet och en återsänd kopia av samma underenhet.
- 5 22. Mottagarapparat enligt patentkrav 20, **kännetecknad** av att den innefattar paritetsbitskombinationsorgan för att kombinera den information som ingår i en tidigare mottagen underenhet och en mottagen tillsatt undergrupp av paritetsdata.

1/4

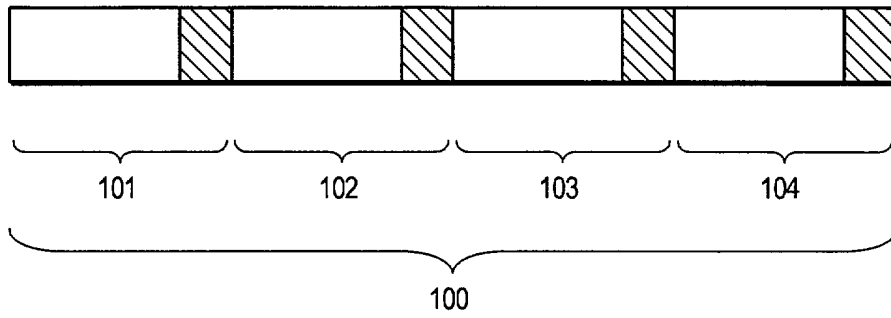


Fig. 1
TEKNIKAN TASO

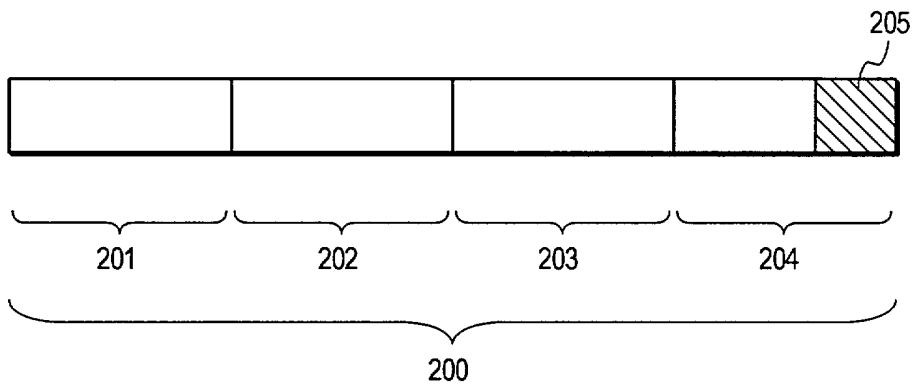


Fig. 2

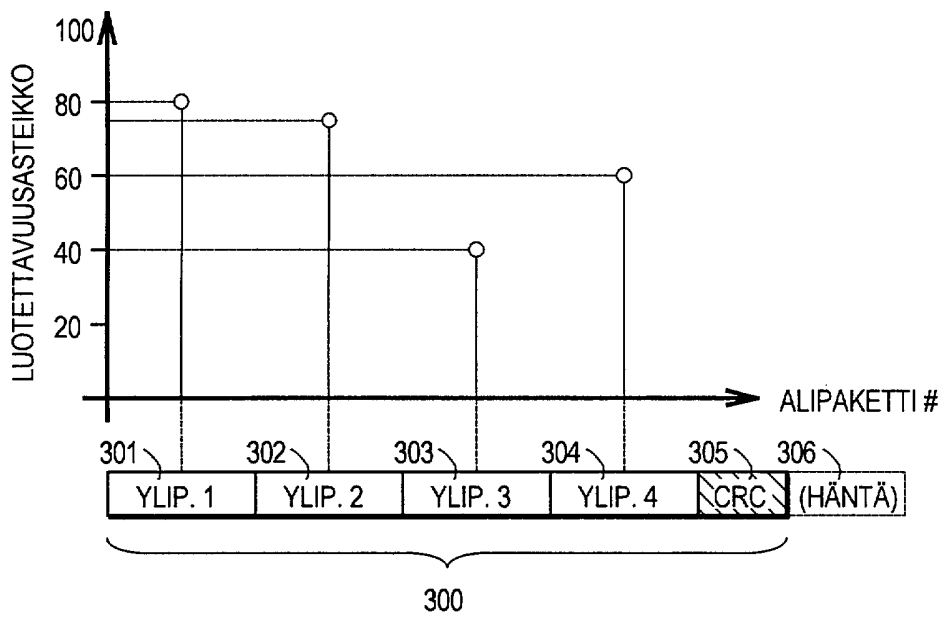


Fig. 3

LÄHETTÄVÄ
LAITE

2/4

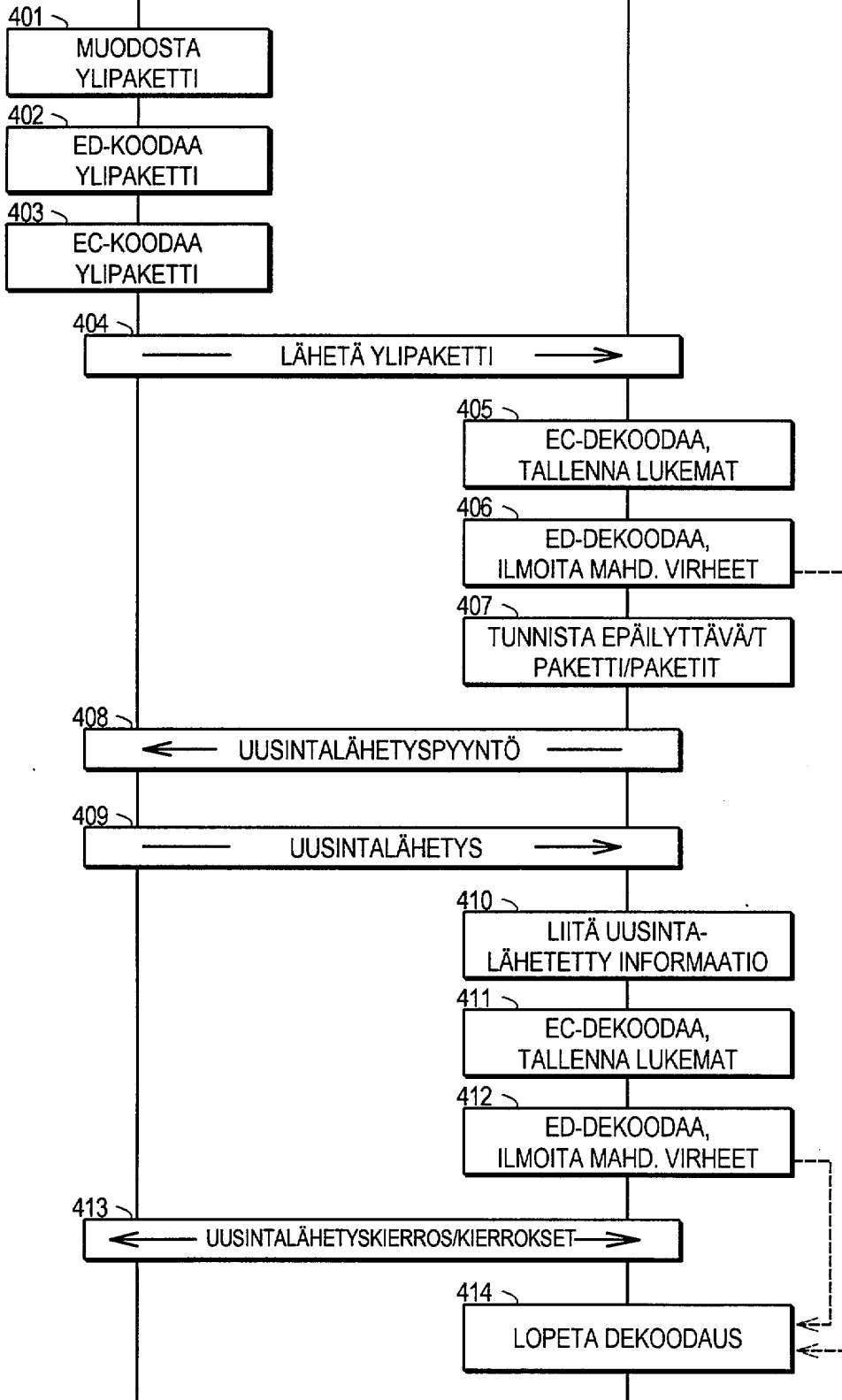
VASTAANOTTAVA
LAITE

Fig. 4a

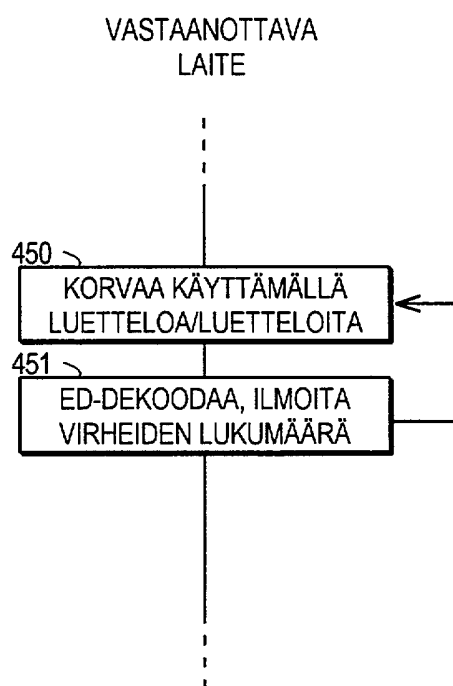


Fig. 4b

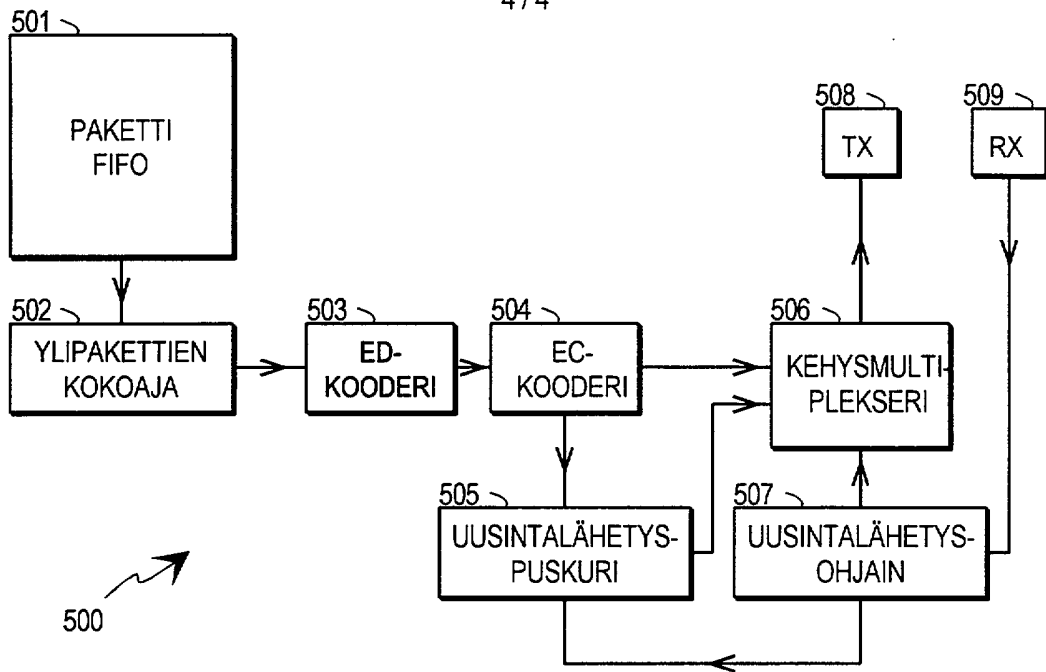


Fig. 5

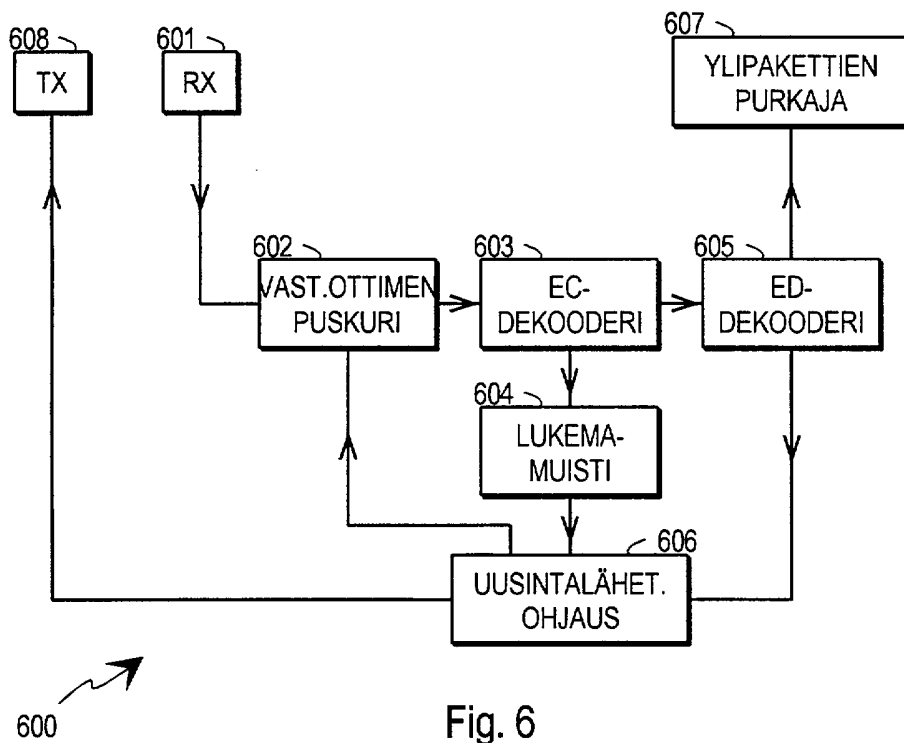


Fig. 6