



(45)

(51) Kv.Ik.⁴/Int.Cl.⁴ H 04 L 25/49

SUOMI-FINLAND

(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen

(21)	Patentihakemus - Patentansökning	812189
(22)	Hakemispäivä - Ansökningsdag	10.07.81
(23)	Alkupäivä - Giltighetsdag	10.07.81
(41)	Tullut julkiseksi - Blivit offentlig	15.01.82
(44)	Nähtäväksipanon ja kuul.julkaisun pvm. - Ansökan utlagd och utl.skriften publicerad	30.10.87
(86)	Kv. hakemus - Int. ansökan	
(32)(33)(31)	Pyydetty etuoikeus - Begärd prioritet	14.07.80
Alankomaat-Nederländerna(NL) 8004028		
Toteennäytetty-Styrkt		

- (71) N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven, Alankomaat-Nederländerna(NL)
- (72) Kornelis Antonie Immink, Eindhoven,
Jakob Gerrit Nijboer, Eindhoven, Alankomaat-Nederländerna(NL),
Hiroshi Ogawa, Tokyo, Kentaro Odaka, Kanagawaken, Japani-Japan(JP)
- (74) Oy Kolster Ab
- (54) Menetelmä binääristen tietobittien sarjan koodaamiseksi binääristen kanavabittien sarjaksi - Förfarande för kodning av en sekvens av binära databitar till en sekvens av binära kanalbitar

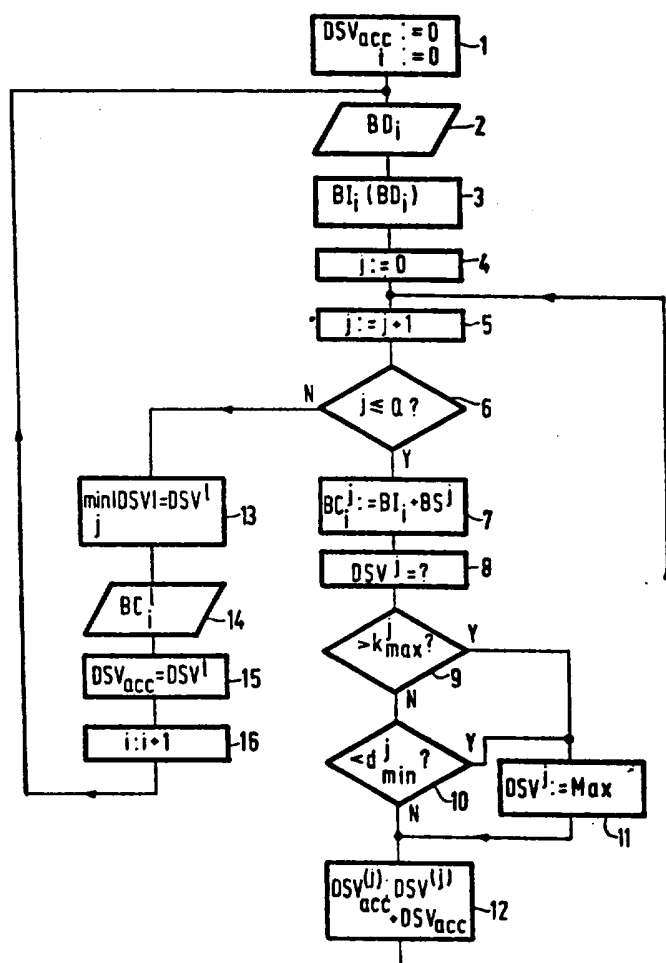
(57) Tiivistelmä

Keksinnön kohteena on menetelmä binääristen informaatiobittilohkojen sarjan koodaamiseksi binääristen kanavabittilohkojen sarjaksi. Lohkojen koodaamisen menetelmässä muunnetaan lohkoja, joissa on esimerkiksi m tietobittia n kanavabitin lohkoiksi ($n > m$). Täten saatujen informaatiobittien lohkojen täytyy tyydyttää esimerkiksi se ehto, että ne ovat (d, k) - rajoitettuja. Tällaisissa (d, k) - rajoitetuissa sarjoissa on "nollien" peräkkäinen pituus rajoitettu välille minimimäärästä d maksimimäärään k kunkin peräkkäisten "ykkösten" parin välissä. Tällä koodaamisella on haittapuolenaan, että sillä on pientaajuuspektri, mikä on liian suuri jätettäväksi ilman huomiota. Keksinnön mukaan sisällytetään eroittelubittien lohko kunkin n informaatiobitin lohkon väliin. Niissä tapauksissa, missä formaatti ei ole ennakolta määräytynyt (d, k) -rajoituksen johdosta valitaan erottelevat bitit siten, että pientaajuuspektri ja erityisesti tasavirran epätasapaino ovat niin alhaisia kuin mahdollista.

(57) Sammandrag

Uppfinningen avser ett förfarande för kodning av en sekvens av block av binära databits till en sekvens av block av binära kanalbits.

Vid ett förfarande för kodning av block omvandlas block med t.ex. m databits till block av n kanalbits ($n \geq m$). De så erhållna blocken av informationsbits måste uppfylla t.ex. det villkor, att de är (d,k) -begränsade. I sådana (d,k) -begränsade sekvenser är den konsekutiva längden hos "nollor" begränsad från ett minimum d till ett maximum k av nollor mellan varje par av konsekutiva "ettor". Denna kodning är behäftad med den nackdelen, att den har ett lågfrekvensspektrum, som är för stort för att ignoreras. Enligt uppfinningen inkluderas ett block av separeringsbits mellan varje block av n -informationsbits. I de fall där formatet inte är förutbestämt av (d,k) -begränsningen, väljs separeringsbits så, att lågfrekvensspektrumet och speciellt likströmsobalansen är så låga som möjligt.



Menetelmä binääristen tietobittien sarjan koodaamiseksi
binääristen kanavabittien sarjaksi

A. Keksinnön tausta

5 A(1) Keksinnön ala

Tämä keksintö kohdistuu menetelmään binääristen tietobittien sarjan koodaamiseksi binääristen kanavabittien sarjaksi, joka tietobittien sarja on jaettu toisiaan seuraaviksi ja peräkkäisiksi lohkoiksi, joista kukin sisältää m tietobittiä, ja jotka lohkot koodataan peräkkäisiksi kanavabittin lohkoiksi, missä $(n_1 + n_2) > m$, kunkin näistä kanavabittien lohkoista sisältäessä n_1 informaatiobitin lohkon sekä n_2 erottelubitin lohkon niin, että informaatiobittien peräkkäisiä lohkoja erottaa kulloinkin toisistaan yksi erottelubittien lohko, ja jolloin kahta ensimmäistä tyyppiä, tyyppiä "1", olevaa peräkkäistä kanavabittiä erottaa toisistaan vähintään d peräkkäistä ja toisiaan seuraavaa toista tyyppiä, "0" olevaa bittiä ja että peräkkäisten ja toisiaan seuraavien, toista tyyppiä olevien kanavabittien lukumäärä ei ole suurempi kuin k. Keksintö kohdistuu edelleen modulaattoriin, joka toteuttaa menetelmän binääristen tietobittien sarjan koodaamiseksi binääristen kanavabittien sarjaksi. Lisäksi keksintö kohdistuu demodulaattoriin menetelmän mukaisesti koodattujen tietobittien dekodeamiseksi, tallennusmateriaaliin, jolla on informaatorakenne, joka käsittää kanavabittisolujen sarjoja, ja järjestelyyn tiedonsiirtokanavalta, erityisesti tallennusmateriaalilta saatujen informaatiobittien toistamiseksi.

30 Digitaalisissa tiedonsiirtojärjestelmissä tai magneettisissa ja optisissa tallennus/toistojärjestelmissä on siirrettävä tai tallennettava tieto yleensä symbolisarjan muodossa. Nämä symbolit muodostavat yhdessä (usein binäärimuotoisen) aakkoston. Sitä tapausta varten, jolloin kyseessä on binäärinen aakkosto (tämän selityksen loppuosassa tätä aakkostoa edustavat symbolit "1" sekä "0"), voidaan tietty symboli, eli esimerkiksi "1", merkitä muistiin NRZ-koodin

mukaisesti siirtymäkohtana kahden magnetointitilan tai fokuskohdan välillä magneettilevyllä, nauhalla tai optisella levyllä. Toinen näistä symboleista eli "0", merkitään muistiin tällaisen siirtymisen puuttumisena.

5 Seurauksena tietyistä järjestelmävaatimuksista asetetaan käytännössä tietyjä rajoituksia niitten symbolien sarjoille, joita kulloinkin saattaa esiintyä. Eräiden järjestelmien tarvitsee olla itsensä tahdistavia. Tämä merkitsee, että siirrettävien tai tallennettavien symbolien sarjan tulisi omata riittävä määrä siirtymäkohtia, jotta aikaansaataisiin tästä symbolisarjasta kellosignaali, joka tarvitaan ilmaisua ja tahdistusta varten. Lisävaatimuksena saattaa olla, että tietyjä symbolisarjoja ei saa esiintyä informaati signaalissa, koska nämä sarjat on tarkoitettu
10 erityistarkoituksia varten, esim. tahdistusta varten. Tahdistavan sarjan jäljittely informaati signaalin avulla poistaisi tahdistavan signaalin yksikäsitteisyyden ja tämän seurauksena sen soveltuvuuden tätä tarkoitusta varten. Edelleen voidaan haluta, että siirtymät eivät seuraa liian
15 lähellä toinen toistaan, jotta rajoitettaisiin symbolien välistä interferenssiä.

 Magneettisen tai optisen tallennuksen tapauksessa tämä vaatimus saattaa myös perustua tallennusmateriaalin informaatiotiheyteen, koska tallennusmateriaalin tietyllä
25 ennakolta määritellyllä kahden toisiaan seuraavan siirtymäkohdan välisellä minimietäisyydellä voi minimiaikaväli ($T_{\min}$), joka vastaa tallennettavaa signaalia, kasvaa, jolloin informaatiotiheys kasvaa samassa suhteessa. Myös tarvittava minimikaistanleveys ($B_{\min}$) riippuu minimietäisyydestä $T_{\min}$ siirtymäkohtien välillä ($B_{\min}=1/(2T_{\min})$).
30

 Kun käytetään hyväksi informaatiokanavia, jotka eivät siirrä tasavirtaa, kuten yleensä on asianlaita magneettisilla tallennuskanavilla, johtaa tämä siihen vaatimukseen, että symbolisarjat informaatiokanavalla sisältävät pienim-
35 män mahdollisen (mahdollisesti ei lainkaan) tasavirtakomponentin.

A(2) Aikaisemmin tunnettu teknikka

Ensimmäisessä kappaleessa kuvattua tyyppiä oleva menetelmä on jo aikaisemmin esitetty viitteessä, joka myöhemmin mainitaan kohdassa D(1). Tämä artikkeli kohdistuu
 5 lohkokoodeihin, jotka perustuvat d-, k- tai (d, k)- rajoitettuihin q-järjestelmän mukaisiin symbolilohkoihin, näiden lohkojen tyydyttäessä seuraavat vaatimukset:

a) d-rajoitus: kahta "1"-tyyppistä symbolia erottaa toisistaan vähintään d peräkkäisen "0"-tyyppisen symbolin
 10 sarja,

b) k-rajoitus: maksimipituus peräkkäisten "0"-tyyppisten symbolien jonolle on suuruudeltaan k.

Esimerkiksi binääristen tietobittien sarja jaetaan toisiaan seuraaviin ja peräkkäisiin lohkoihin, jolloin kussakin on m tietobittiä. Nämä lohkot, kussakin m tietobittiä, koodataan n informaatiobitin lohkoiksi ($n > m$). Koska $n > m$, niitten yhdistelmien lukumäärä, joissa on n informaatiobittiä, ylittää tietobittien mahdollisten lohkojen lukumäärän (2^m). Mikäli esimerkiksi asetetaan d-rajoitusvaatimus lohkoille informaatiobittejä, joita halutaan siirtää
 20 tai tallentaa näitten 2^m tietobittilohkojen kartoittaminen vastaaviksi 2^m informaatiobitinlohkoksi (kaikista mahdollisista 2^n mahdollisesta lohkoista) valitaan siten, että kartoittaminen toteutetaan ainoastaan sellaisiin informaatiobittien lohkoihin, jotka tyydyttävät asetetun ehdon.
 25

Viitteessä D(1) sivulla 439 olevassa taulukossa I esitetään kuinka monta erilaista informaatiobittilohkoa on olemassa riippuen lohkon pituudesta (n) ja asetetusta d-ehdosta. Täten on olemassa 8 informaatiobittilohkoa, joilla on
 30 pituus $n=4$, kun ehtona on, että minimietäisyys $d=1$. Tämän seurauksena tietobittilohkot, joilla on pituus $m=3$ ($2^3 = 8$ tietosanaa) voitaisiin esittää informaatiobittilohkoilla, joissa pituutena on $n=4$, jolloin kahta toisiaan seuraavaa "1"-tyyppistä symbolia näissä informaatiobittilohkoissa
 35 erottaa toisistaan ainakin yksi "0"-tyyppinen symboli. Tätä esimerkkitapausta varten on koodaus tällöin ($\longleftrightarrow$) osoittaa

tietyn lohkon tulkistamista toiseksi lohkoksi ja päinvastoin) suoritettavissa seuraavasti:

	000	←	→	0000
	001	←	→	0001
5	010	←	→	0010
	011	←	→	0100
	100	←	→	0101
	101	←	→	1000
	110	←	→	1001
10	111	←	→	1010

Kun yhdistetään informaatiobittilohkoja, ei kuitenkaan tietyissä tapauksissa ole mahdollista tyydyttää mainittua ehtoa (esimerkkitapauksessa d-rajoitusta) suorittamatta muitakin ylimää räisiä toimenpiteitä. Kyseisessä artikkelissa ehdotetaan sisällytettävän erottelubittejä informaatiobittilohkojen väliin. Kun kyseessä on d-rajoitus riittää yhden erottelubittilohkon koodaaminen mukaan, joka lohko muodostuu d:stä "0"-tyyppisetä bitistä. Yllämainituksa esimerkkitapauksessa, jossa d=1, on tämän johdosta yksi erottelubitti (yksi nolla) riittävä. Kukin kolmen tietobittin lohko koodataan tällöin käyttäen 5 (4 + 1) kanavabittia.

Tällä koodausmenetelmällä on se haittapuoli, että pienten taajuuksien osuus (mukaanluettuna tasajännite) kanavabittijoukon taajuuspektrissä on melko korkea. Eräs toinen haittapuoli on se, että koodaavat konvertterit (modulaattori ja demodulaattori), erityisesti demodulaattori, ovat monimutkaisia.

Mitä tulee ensimmäiseen haittapuoleen, tulisi todeta, että viitejulkaisu D(2) osoittaa, että tasavirran epätasapaino (d, k)-rajoitetuissa koodeissa on supistettavissa kytkemällä kanavabittilohkot toisiinsa nk. inverttoivien tai inverttoimattomien liitososien avulla. Tällä tavoin toimitaessa valitaan hetkellisen kanavabittilohkon etumerkki tasavirran epätasapainoon nähden siten, että edellisten kanavabittilohkojen tasavirran epätasapaino pienentyy. Tässä ta-

pauksessa on kuitenkin kyseessä (d, k)-rajoitettu koodi, jonka informaatiobittilohkot voidaan liittää toisiinsa joutumatta ristiriitaan (d, k)-rajotuksen kanssa, niin että erottelubittien lisääminen (d, k)-rajoituksen takia ei ole
5 tarpeen.

(B) Yhteenveto keksinnöstä

Tämän keksinnön kohteena on aikaansaada ensimmäisessä kappaleessa kuvattu menetelmä linäärysten tietobittien sarjan koodaamiseksi binäärysten kanavabittien sarjaksi, joka
10 menetelmä parantaa sen signaalin pientaajuusspektrin ominaisuuksia, joka saadaan näistä kanavabiteistä, ja joka menetelmä mahdollistaa yksinkertaisen demodulaattorin käytön.

Keksinnön mukainen menetelmä on tunnettavissa siitä, että tämän menetelmän vaiheina:

15 1) muunnetaan lohkot, jotka sisältävät m tietobittiä, lohkoksi, joka sisältää n_1 informaatiobittiä,

2) muodostetaan mahdollisten kanavabittisarjojen joukko, kunkin sarjan sisältäessä vähintään yhden lohkon informaatiobittejä ja yhden lohkon erottelubittejä, ja näiden
20 mahdollisten sarjojen kunkin käsittäessä informaatiobittilohkot täydennettynä yhdellä mahdollisista erottelubittilohkojen bittiyhdistelmistä,

3) määritellään tasavirran epätasapaino kustakin mahdollisesta kanavabittisarjasta, jotka oli määritelty edellisessä vaiheessa,
25

4) määritellään kutakin mahdollista kanavabittisarjaa kohden erottelubittien lukumäärän ja niiden toisiaan seuraavien ja peräkkäisten informaatiobittien lukumäärän, jotka ovat "0"-tyyppiä, ja jotka välittömästi edeltävät "1"-
30 tyyppin bittiä, summa sekä erottelubittien lukumäärän ja niiden toisiaan seuraavien ja peräkkäisten informaatiobittien lukumäärän, jotka ovat "0"-tyyppiä ja jotka välittömästi seuraavat "1"-tyypin bittiä, summa, joka "1"-tyypin bitti muodostaa osan yhdestä erottelubittilohkosta, sekä erottelubittien ja niiden toisiaan seuraavien ja peräkkäisten "0"-
35 tyyppisten informaatiobittien lukumäärän summa, jotka "0"-

tyypin bitit välittömästi edeltävät ja seuraavat erottelubittilohkoa,

5) aikaansaadaan ensimmäinen ilmaisusignaali niitä kanavabittisarjoja varten, joiden edellisessä vaiheessa
5 määriteltujen summien arvot ovat korkeampia kuin d, mutta eivät ole suurempia kuin k,

6) valitaan niistä kanavabittisarjoista, joille oli tuloksena ensimmäinen ilmaisusignaali, se kanavabittisarja, joka saattaa minimiinsä tasavirran epätasapainon määrän.

10 C. Lyhyt kuvaus piirustuksista

Seuraavassa tullaan kuvaamaan keksinnön suoritusmuotoja ja niiden etuja viitaten oheisiin piirustuksiin. Näissä piirustuksissa:

15 kuvio 1 esittää eräitä bittijoukkoja havainnollistaen keksinnön erään suoritusmuodon mukaista koodausformaattia,

kuvio 2 esittää eräitä muita suoritusmuotoja kanavakoodausformaattista, jota käytetään pienennettäessä tasavirran epätasapainoa tämän keksinnön mukaisesti,

20 kuvio 3 on vuokaavio tämän keksinnön mukaisen menetelmän suoritusmuodosta,

kuvio 4 havainnollistaa tahdistusbittien lohkoa, jota käytetään tämän keksinnön mukaisessa menetelmässä,

25 kuvio 5 esittää erästä suoritusmuotoa keksinnön mukaisesta demodulaattorista, jolla dekoodataan tietobitit, jotka on koodattu kyseisen menetelmän mukaisesti,

kuvio 6 esittää erästä suoritusmuotoa elimistä, joilla tahdistusbittisarja ilmaistaan tämän keksinnön mukaisesti, ja

30 kuvio 7 esittää erästä suoritusmuotoa kehysmuodosta, jota käytetään tämän keksinnön mukaisessa menetelmässä.

Vastaavat osat näissä piirustuksissa on varustettu keskenään samoilla viitesymboleilla.

D. Viitejulkaisut

35 (1) Tang, D.T., Bahl, L.R., "Block codes for a class of constrained noiseless channels". Informaation and Control, vol 17, no. 5, Dec. 1970, pp. 436-461.

(2) Patel, A.M., "Charge-constrained byte-oriented (0,3)code", IBM Technial Disclosure Bulletin, Vol. 19, Nr. 7. Dec. 1976, pp. 2715-2717.

E. Suoritusmuotojen kuvaus

- 5 Kuvio 1 esittää eräitä bittisarjoja havainnollistaen menetelmää, joka koodaa sarjan binäärisiä tietobittejä (kuvio 1a) sarjaksi binäärisiä kanavabittejä (kuvio 1b). Tietobittien sarja jaetaan toisiaan seuraaviksi ja peräkkäisiksi lohkoiksi BD. Kukin tietobittilohko sisältää m tietobittiä. Esimerkkitapauksessa käytetään valintaa $m=8$ tämän selityksen loppuosassa ja piirustuksissa. Sama asia pätee kuitenkin myös muille m arvoille. Tietty m tietobitin lohko, jota on merkitty viitemerkiksi BD_i , sisältää yleisesti ottaen yhden 2^m mahdollisesta bittisarjasta.
- 15 Tällaiset bittisarjta eivät suoraan sovellu optiseen tai magneettiseen tallennukseen useistakaan eri syistä. Kun nimittäin kaksi tietosymbolia, jotka ovat "1"-tyyppiä, ja jotka esim. tallennetaan tallennusmateriaalille transitiokohtina tietystä magnetointisuunnasta toiseksi tai transitiokohtana kuopaksi, seuraavat välittömästi toinen toisena jälkeen, eivät nämä siirtymäkohdat saa olla liian lähellä toinen toistaan niiden keskinäisen vuorovaikutuksen takia. Tämä rajoittaa informaatiotiheyttä. Samanaikaisesti minimisuuruinen kaistanleveys B_{min} , joka tarvitaan lähettämään
- 25 tai tallentamaan bittivirta, lisääntyy, kun minimietäisyys T_{min} toisiaan seuraavien siirtymäkohtien välillä ($B_{min} = 1/2T_{min}$) on pieni. Eräs toinen vaatimus, joka usein asetetaan tiedonsiirtojärjestelmille ja optisille tai magneettisille tallennusjärjestelmille, on se, että bittisarjoilla
- 30 täytyy olla riittävästi transitioita, jotta lähetetystä signaalista voitaisiin ottaa talteen kellomerkki, jonka avulla voidaan toteuttaa tahdistus. Lohko, jossa on m nollaa, joiden edellä kaikkein pahimmassa tapauksessa on toinen lohko, joka päättyy joukkoon nollia, ja jonka jälkeen
- 35 seuraa lohko, joka alkaa joukolla nollia, vaarantaa kello-signaalin muodostuksen.

Sellaisten informaatiokanavien, jotka eivät siirrä tasavirtaa, kuten magneettisten tallennuskanavien, täytyy edelleen tyydyttää se vaatimus, että tallennettava tietovirta käsittää tasavirtakomponentin, joka on niin pieni
 5 kuin mahdollista. Käytettäessä optista tallennusta on toivottavaa, että tietospektrin matalataajuuinen osuus vaimennetaan parhaimmalla mahdollisella tavalla, servosäätimen ominaisuuksista johtuen. Tämän lisäksi on demodulointi yksinkertaisempaa, kun tasavirtakomponentti on suhteellisen
 10 pieni.

Ylläolevista ja muistakin syistä toteutetaan nk. kanavakoodaaminen tietobiteille ennenkuin ne siirretään kanavaa pitkin tai ennenkuin ne tallennetaan. Kun kyseessä on lohkojen koodaaminen (viitejulkaisu D(1), koodataan ne tietobittilohkot, jotka kukin sisältävät m bittiä, informaatiobittilohkoiksi, jotka kukin sisältävät n_1 tietobittiä. Kuvio 1 esittää, kuinka tietobittilohko BD_i muunnetaan informaatiobittien lohkoksi BI_i . Esimerkkitapauksena käytetään valintaa $n_1 = 14$ tämän selityksen loppuosuuden aikana kuten
 20 myös kuvioissa. Koska n_1 on suurempi kuin m , ei kaikkia niitä yhdistelmiä, jotka voidaan muodostaa käyttäen n_1 bittiä, tarvitse käyttää: niitä yhdistelmiä, jotka eivät sovellu hyvin käytettävään kanavaan ei oteta käyttöön. Täten annetussa esimerkissä tarvitsee valita ainoastaan 256 sanaa
 25 yli 16.000 mahdollisesta kanavasananasta tietosanojen kartoittamiseksi yksi-yhteen tavalla kanavasanoiksi. Tämän seurauksena voidaan eräitä vaatimuksia asettaa kanavasanoille. Eräs vaatimus on, että ensimmäistä tyyppiä olevan kahden peräkkäisen tietobitin väliin, tämä ensimmäinen on "1"-
 30 tyyppi, sijoitetaan vähintään d peräkkäistä ja toisiaan seuraavaa toista tyyppiä olevaa tietobittiä, jotka ovat "0"-tyyppiä, saman n_1 suuruisen tietobittilohkon sisään. Viitejulkaisun D(1) sivulla 439 oleva taulukko I esittää, kuinka monta tällaista binääristä sanaa on olemassa riippuen d
 35 arvosta. Tästä taulukosta käy ilmi, että, kun kyseessä on $n_1=14$, on olemassa 277 sanaa, joissa on vähintään kaksi ($D=2$) "02-tyyppistä bittiä toisiaan seuraavien bittien (jot-

ka ovat "1" tyyppiä) välissä. Kun koodataan kahdeksan tietobitin lohkoja, joita on olemassa kaikkiaan $2^8 = 256$ yhdistelmää, voidaan 14 kanavabitin lohkoilla vaatimus $d=2$ tämän johdosta täysin tyydyttää.

- 5 Informaatiobittilohkojen BI_i asettelu peräkkäin ei kuitenkaan ole mahdollista ilman muita toimenpiteitä, kun sama vaatimus d -rajoituksesta on asetettu, ei pelkästään tietyn lohkon, joka sisältää n_1 bittiä, sisälle vaan myös kahden toisiaan seuraavan lohkon raja-alueelle. Tätä tar-
- 10 koitusta varten viitejulkaisu D(1) ehdottaa (sivulla 451), että yksi tai useampia erottelubittejä sisällytetään kanavabittilohkojen väliin. Voidaan helposti nähdä, että kun tietty määrä "0"-tyyppisiä erottelubittejä, joita on määrältään vähintään d , sisällytetään mukaan, d -rajoitus tulee
- 15 tyydytettyä. Kuvio 1 esittää, että kanavabittilohko BC_i muodostuu informaatiobittien lohkoista BI_i sekä erottelubittien lohkoista BS_i . Erottelubittilohko sisältää n_2 bittiä, niin että kanavabittilohko BC_i sisältää kaikkiaan n_1+n_2 bittiä. Esimerkin muodostamiseksi tullaan selityksen loppuosassa
- 20 ja kuvioissa käyttämään valintaa $n_2=3$, ellei muuta ole erikseen mainittu.

- Jotta voitaisiin tehdä kellosignaalin muodostamisesta niin luotettava kuin mahdollista, saattaa eräs lisätarve olla, että maksimimäärä "0"-tyypin bittejä, joita saattaa
- 25 esiintyä keskeytyksettä kahden toisiaan seuraavan "1"-tyypisen bitin välillä yhden tietobittilohkon sisällä, rajoitetaan tiettyyn ennakolta määriteltyn arvoon k . Siinä esimerkkitapauksessa, jossa $m=8$, ja $n_1=14$, on mahdollista poistaa niistä 277 sanasta, jotka tyydyttävät ehdon $d=2$ esimer-
- 30 kiksi ne sanat, joilla on hyvin korkea arvo suurelle k . Havaitaan, että k voidaan rajoittaa määrään 10. Tämän seurauksena muunnetaan 2^8 joukko (yleisesti ottaen 2^m) tietobittilohkoja, joista kussakin on 8 bittiä (yleisessä tapauksessa m bittiä) joukoksi, jossa myös on 2^8 (yleisessä tapauksessa
- 35 2^m) informaatiobittilohkoa, jolloin nämä informaatiobitit on valittu kaikkiaan 2^{14} (yleisessä tapauksessa 2^{n_1}) mah-

dollisesta tietobittilohkosta, mikä perustuu osittain siihen tosiasiaan, että on asetettu rajoitusehdot, $d=2$ ja $k=10$ (yleisessä tapauksessa sanotaan käytettävän d - sekä k -rajoituksia). Edelleen voidaan oman valinnan mukaisesti valita ne tietobittilohkot, jotka vastaavat kutakin informaatiobittilohkoa. Edellämainitussa viitejulkaisussa (D1) on tietty tulkinta tietobiteistä informaatiobiteiksi määriteltä yksikäsitteisesti matemaattisesti suljettuun muotoon. Vaikkakin tätä tulkintatapaa voidaan periaatteessa käyttää, on edullisempaa pidettävä erilaista riippuvuutta, kuten tullaan myöhemmin selittämään ohessa.

Edelleen k -arjoitettujen kanavasanojen BI_i toisiinsa liittäminen on mahdollista ainoastaan, kuten päti myös d -rajoitettuihin lohkoihin, kun on järjestetty erottelulohkoja informaatiobittilohkojen BI_i väliin. Periaatteessa voidaan samoja erottelulohkoja, joissa n_2 bittiä, käyttää tätä tarkoitusta varten, koska d -rajoituksen ja k -rajoituksen vaatimukset eivät ole toinen toisilleen vastakkaisia, vaan ovat pikemminkin komplementäärisiä. Kun tämän seurauksena tiettyä erottelulohkoa edeltävien "0"-tyyppisten bittien lukumäärän ja niitten bittien lukumäärän, jotka seuraavat erottelulohkon jälkeen ja eroittelulohkon n_2 bitin summa ylittää arvon k , tulisi ainakin yksi "0"-tyyppisistä bittiarvoista erottelulohkossa korvata "1"-tyypin bitillä, jotta jaettaisiin peräkkäisten nollien sarja sarjoiksi, jotka kumpikaan eivät ole enempää kuin k bittiä pitkiä.

Sen lisäksi että erottelulohkot takaavat, että (d, k) -rajoituksen vaatimukset on tyydytetty, voidaan ne mitoitaa siten, että niitä voidaan myös käyttää saattamaan mini-
miinsä tasavirran epätasapaino. Tämä perustuu sen tosiasian tunnistamiseen, että tiettyjä informaatiobittilohkojen valintoja varten määräytyy tietty ennakolta määriteltä erottelubittilohkon muoto, mutta että suuressa lukumäärässä tapauksia joko ei aseteta minkäänlaisia vaatimuksia tai asetetaan ainoastaan hyvin rajoitettuja vaatimuksia erottelubittien lohkon muodolle. Se vapausaste, joka täten muodos-

tuu, on käytössä virran epätasapainon saattamiseksi miiniksi.

Tasavirran epätasapainon syntyminen ja sen kasvu on selitettävissä seuraavaan tapaan. Kuviossa 1b esitetty informaatiobittien lohko BI_i tallennetaan tallennusväliaineelle esim. NRZ-muotoon. Käytettäessä tätä muotoa merkitään "1" siirtymäkohtana vastaavan bittikohdan alussa, ja siitä tulee "0", kun siirtymää ei tallenneta. Sarjana BI_i esitetty bittisarja joutuu tällöin muotoon, jota on esitetty viitemerkillä WF, jossa muodossa tämä bittijoukko tallennetaan tallentavalla aineelle. Tämä sarja omaa tasavirran epätasapainon, koska kyseisessä sarjassa positiivisen tason pituus on suurempi kuin negatiivisen tason pituus. Tietty mitta-arvo, jota usein käytetään tasavirran epätasapainoa varten, on digitaalinen summa, lyhennettynä d.s.v. (digital sum value). Edellyttäen, että aaltomuodon WF tasot ovat vastaavasti +1 ja vastaavasti -1, on d.s.v. tällöin yhtä suuri kuin WF aaltomuodon jatkuva integraali, ja se on kuviossa 1 esitettyssä esimerkkitapauksessa +6T, jossa T on yhden bitin aikavälin pituus. Kun tällainen sarja toistetaan, kasvaa tasavirran epätasapaino. Yleisesti ottaen johtaa tämä tasavirran epätasapaino perustason siirtymiseen ja pienentää tehollista signaalikohinasuhdetta ja tämän seurauksena tallennettujen signaalien ilmaisun luotettavuutta.

Erottelubittien lohkoa BS_i käytetään seuraavaan tapaan rajoittamaan tasavirran epätasapainoa. Tiettyinä hetkenä syötetään tietty tietobittilohko BD_i . Tämä tietobittilohko BD_i muunnetaan informaatiobittilohkoksi BI_i esim. käyttäen apuna taulukkoa, joka on talletettu muistiin. Tämän jälkeen muodostetaan niiden mahdollisten kanavabittilohkojen joukko, jotka sisältävät (n_1+n_2) bittiä. Kaikki nämä lohkot sisältävät saman informaatiobittilohkon (bittikohdat 1-14, kuten kuvioista 1b näkyy), jota on täydennetty n_2 erottelubitin mahdollisilla bittiyhdistelmillä (bittikohdat 15, 16 sekä 17 kuviossa 1b). Tämän seurauksena saadaan aikaan ku-

viossa 1b esitetyssä esimerkkitapauksessa joukko sisältäen $2^N=8$ mahdollista kanavabittilohkoa. Tämän jälkeen määritellään seuraavat parametrit kustakin mahdollisesta kanavabittilohkosta periaatteessa mielivaltaisessa vuorottelujärjestyksessä:

a) Määritellään kyseessä olevalle mahdolliselle kanavabittilohkolle, ottaen huomion edellinen kanavabittien lohko, oliko d-rajoituksen vaatimus sekä k-rajoituksen vaatimus ristiriidassa tämän hetkisen erottelubittilohkon kanssa.

b) Määritellään d.s.v. kyseessä olevalle mahdolliselle kanavabittilohkolle.

Niille mahdollisille kanavabittilohkoille, jotka eivät ole ristiriidassa d-rajoituksen vaatimuksien kanssa, muodostetaan tietty ensimmäinen ilmaisusignaali. Koodausparametrien valinta takaa, että tällainen ilmaisusignaali muodostetaan ainakin yhdelle mahdollisista informaatiobittilohkoista. Lopuksi valitaan niistä mahdollisista kanavabittilohkoista, joille ensimmäinen ilmaisusignaalin on muodostettu esimerkkitapauksessa, se kanavabittilohko, jolla absoluuttisessa mielessä on alhaisin d.s.v. arvo. Vielä parempi menetelmä on kuitenkin kasata edellisten kanavabittilohkojen d.s.v.-arvo ja valita niistä kanavabittilohkoista, jotka ovat valittavissa seuraavaksi tulevaa tiedonsiirtoa varten, se, joka saa kumuloituneen d.s.v.-absoluuttisarvon pienentymään. Sen jälkeen valittu sana lähetetään tai tallennetaan.

Eräs tämän menetelmän etu on se, että niitä erottelubittejä, jotka jo ovat tarpeen muita tarkoituksia varten, voidaan nyt myös käyttää yksinkertaisella tavalla tasavirran epätasapainon rajoittamista varten. Eräs ylimääräinen etu on se, että vaikutus lähetettävänä olevaan signaaliin rajoitetaan erottelubittilohkoihin, eikä vaikutus ulotu informaatiobittilohkoihin saakka (jättäen huomiotta lähetettävänä olevan tai tallennettavan aaltomuodon napaisuuden). Tallennetun signaalin demodulointi kohdistuu tällöin

ainoastaan informaatiobitteihin. Erottelubitit voidaan jättää tarkastelusta pois.

Kuvio 2 esittää menetelmän eräitä muita suoritusmuotoja. Kuvio 2a esittää kaavamaisesti kanavabittilohkojen sarjaa $\dots BC_{i-1}, BC_i, BC_{i+1}, \dots$, näiden lohkojen sisältäessä tietyn ennakolta määritellyn lukumäärän (n_1+n_2) bittiä. Kukin kanavabittilohko sisältää informaatiobittilohkoja, jotka sisältävät n_1 bittiä ja erottelubittilohkoja $\dots BS_{i-2}, BS_{i-1}, BS_{i+1} \dots$, kunkin näistä sisältäessä n_2 bittiä.

Tässä suoritusmuodossa määritellään tasavirran epätasapaino useiden lohkojen yli, esimerkiksi kuviossa 2a esitetyllä tavalla kahden kanavabittilohkon BC_i sekä BC_{i+1} yli. Tasavirran epätasapaino määritellään samaan tapaan kuin on kuvattu kuvion 1 suoritusmuodossa, sillä lisämääräyksellä, että suurlohkojen mahdolliset muodot muodostetaan kutakin suurlohkoa SBC_i varten, eli informaatiobittilohkojen lohkoissa BC_i ja lohkoissa BC_{i+1} täydennetään kaikilla mahdollisilla yhdistelmillä, jotka voidaan muodostaa käyttäen n_2 erottelubittiä lohkoissa BS_i ja lohkoissa BS_{i+1} . Se yhdistelmä, joka saattaa minimiinsä tasavirran epätasapainon valitaan tämän jälkeen tästä joukosta. Tällä menetelmällä on etunaan se, että jäljellä oleva tasavirran epätasapaino on luonteeltaan tasaisempi, koska tarkastellaan useampaa kuin yhtä kanavabittilohkoa etukäteen, joka järjestely tulee olemaan optimi.

Eräs edullinen muunnos tästä menetelmästä omaa erityisenä piirteensä sen, että suurlohkoa SBC_i (kuvio 2a) siirretään vain yhden kanavabittilohkon verran, kun tasavirran epätasapaino on saatettu minimiinsä. Tämä merkitsee, että lohko BC_i (kuviossa 2a), joka muodostaa osan suurlohkosta SBC_i , käsitellään, ja että tämän jälkeinen suurlohko SBC_{i+1} (mitä ei ole esitetty sisältää lohkot BC_{i+1} sekä BC_{i+2} (jota ei ole esitetty), joiden suhteen toteutetaan yllä kuvattu tasavirran epätasapainon minimiin saattaminen. Täten lohko BC_{i+1} on osana sekä suurlohkoa SBC_i että sitä seu-

raavaa suurlohkoa SBC_{i+1} . Tällöin on täysin mahdollista, että suurlohkoon SBC_i (alustavasti) tehty valinta erottelubittilohkoa BS_{i+1} varten poikkeaa siitä lopullisesta valinnasta, joka tehdään suurlohkossa SBC_{i+1} . Koska kutakin lohkoa tarkastellaan usieta kertoja (nyt kyseessä olevassa esimerkkitapauksessa kahdesti), pienentyy tasavirran epätasapaino ja tämän seurauksena kohinan vaikutus.

Kuvio 2b esittää vielä erästä suoritusmuotoa, jossa tasavirran epätasapaino määrätään useita lohkoja (SBC_j) varten samanaikaisesti, esimerkiksi, kuten on esitetty kuviossa 2b, neljää kanavabittilohkoa $BC_j^{(1)}$, $BC_j^{(2)}$, $BC_j^{(3)}$, ja $BC_j^{(4)}$ varten. Kukin näistä kanavabittilohkoista sisältää ennakolta määritellyn lukumäärän n_1 informaatiobittejä. Erottelubittilohkoihin $BS_j^{(1)}$, $BS_j^{(2)}$, $BS_j^{(3)}$ ja $BS_j^{(4)}$ sisältyvien erottelubittien lukumäärä ei kuitenkaan ole sama kullekin kanavabittilohkolle. Informaatiobittien lukumäärä saattaa esimerkkitapauksessa nousta neljääntoista ja erottelubittien lukumäärä lohkoja $BS_j^{(1)}$ ja $BS_j^{(3)}$ varten saattaa olla kaksi kutakin lohkoa varten ja kuusi lohkoissa $BS_j^{(4)}$. Tasavirran epätasapainon määrittely toteutetaan samaan tapaan kuin on kuvattu kuvion 2a suoritusmuodossa.

Lisäyksenä niille eduille, joita jo edellä on mainittu, ja jotka pätevät myös tässä tapauksessa, on tällä menetelmällä etunaan se, että suhteellisen pitkän erottelubittilohko lisää mahdollisuuksia pienentää tasavirran epätasapainoa. Vieläkin yksityiskohtaisemmin sanottuna, on se jäljellä oleva tasavirran epätasapaino kanavabittisarjasta, jossa kukin kanavabittilohko sisältää keskenään yhtä suuren lukumäärän, esimerkiksi kolme, bittiä, suurempi kuin mitä on jäljellä oleva tasavirran epätasapaino kanavabittisarjalle, jossa erottelubittien lohkot sisältävät keskimäärin kolme bittiä, kuitenkin jakautuneena 2-2-2-6 bitin tapaan.

Lisäksi on todettava, että kuvatut toimintojen aikajärjestykset ja näihin liittyvät menetelmätilat voidaan toteuttaa yleisten peräkkäisten logiikkapiirien avulla, kuten esimerkiksi kaupallisesti saatavilla olevilla mikroproses-

seilla, joihin liittyy muistit ja oheislaitteet. Kuvio 3 esittää kulkukaaviota tällaisesta suoritusmuodosta. Seuraava selittävä teksti liittyy näitten geometrysten ruutukuvioitten viiteosiin, jotka havainnollistavat ajallisesti peräkkäisiä koodausmenetelmän toimintoja ja tiloja. Tässä taulukossa esittää sarake A viitesymbolia, sarake B esittää viitetekstiä ruudusta ja sarake C on varustettu selittävällä tekstillä liittyen kyseessä olevaan geometriseen ruutuun.

10	A	B	C
	1	$DSV_{acc} := 0;$ $i := 0;$	Edellisten kanavaibittilohkojen digitaalisele summalle (d.s.v.) sijoitetaan ravo 0 menetelmän alussa. Ensimmäinen tietosana BD saa järjestysnumeron $i=0$. Tästä siirrytään ruutuun 2;
15	2	BD_i	Muistista luetaan m tietobitin lohko järjestysnumeroltaan i. Sitten siirrytään ruutuun 3.
20	3	$BI_i (BD_i)$	Muunnetaan tietobittilohko, jonka järjestysnumero on i (BD_i) informaatiobittilohkoksi, joka sisältää n_1 bittiä (BI_i) tietyn taulukon avulla, joka on talletettu muistiin ja siirrytään ruutuun 4.
25	4	$j := 0$	Parametri j käynnistetään arvosta 0. Tämä parametri j on yhden kanavabittilohkon numero q kappaletta käsittävästä lohkojoukosta, johon lohkon kuuluu n_1+n_2 bittiä, jotka mahdollisesti ovat valmiina lähetettäviksi tai tallennettaviksi. Sitten siirrytään ruutuun 5.
30	5	$j := j+1$	Parametria j lisätään ykkösellä ja siirrytään ruutuun 6.

- 6 $j \leq Q?$
- 5
- 7 $BC_i^j := BI_i + BS^j$
- 10
- 8 $DSV^j = ?$
- 15
- 9 $> k_{\max}^j?$
- 20
- 25
- 10 $< d_{\min}^{(j)}?$
- 30
- 35
- Kun kyseessä olevat parametrit on määritetty kaikille q mahdollisista kanavabittilohkoista, jatketaan toimintaa sillä toimenpiteellä, jonka ruutu 13 osoittaa. Ruudussa 6 tämä on osoitettu liitosviivalla N. Kun $j \leq Q$, toimintaa jatketaan sillä toiminnalla, joka on osoitettu ruudussa 7.
- Muodostetaan j :nnes mahdollinen kanavabittilohko BC_i täydentämällä informaatiobittilohkoa BI_i j :nnellä erottelubittilohko kombinaatiolla BS^j , minkä jälkeen siirrytään ruutuun 8.
- Määritellään j :nnes mahdollisen kanavabittilohkon d.s.v. ja siirrytään ruutuun 9.
- Tarkastellaan, tyydyttääkö j :nnes mahdollisen kanavabittilohko liittämisen yhteydessä edellisten kanavabittilohkojen BC_{i-1} kanssa k -rajoituksen ehdon. Mikäli tämä ehto on tyydytetty, jatketaan toimenpiteitä ruudussa 10 osoitetulla toimenpiteellä (yhteysviiva N). Mikäli tämä ehto ei ole tyydytetty, on seuraavana toimenpiteenä ruudun 11 osoittama toimenpide (yhteys Y).
- Tarkastetaan, tyydyttääkö j :nnes mahdollinen kanavabittilohko yhdessä edellisen kanavabittilohkon BC_{j-1} kanssa d -rajoituksen ehdon. Mikäli ehto on tyydytetty, on seuraavana toimenpiteenä ruudun 12 osoittama toiminta (yhteysviiva N). Kun tämä ehto ei ole tyydytetty, jatketaan toimintaa sillä vaiheella, joka on osoitettu ruudussa 11 (yhteysviiva Y).

- 11 $DSV^j := \max$ j:n kanavabittilohkon d.s.v.-
arvolle annetaan sellainen korkea ar-
vo (max), että tätä lohkoa ei ehdot-
tomasti voida valita, minkä jälkeen
5 siirrytään ruutuun 12.
- 12 $DSV_{acc}^{(j)} := DSV^{(j)} + DSV_{acc}$ j:n kanavabittilohkon d.s.v.
($DSV^{(j)}$) lisätään edellisten kanava-
bittilohkojen kumuloituneeseen d.s.v.-
arvoon (DSV_{acc}), jotta saataisiin
10 uusi kumuloitunut d.s.v-arvo ($DSV_{acc}^{(j)}$).
Sitten siirrytään ruutuun 5.
- 13 $\min_q |DSV| := DSV^1$ Määritellään q mahdollisen ka-
navabittilohkon minimi d.s.v-arvo.
Tämä on d.s.v.-arvo l:n kanava-
bittilohkolle. (Siirrytään ruutuun
15 14).
- 14 BC_i^1 Valitaan l. kanavabittilohko q
mahdollisesta lohkoista, minkä jälkeen
siirrytään ruutuun 15.
- 20 15 $DSV_{acc} := DSV^{(1)}$ Kumuloitunut d.s.v-arvo (DSV_{acc})
sijoitetaan yhtä suuremmaksi kuin vali-
tun l:n informaatiobittilohkon
d.s.v.-arvo, minkä jälkeen siirrytään
ruutuun 16.
- 25 16 $i := i + 1$ Tieto- ja informaatiobittilohko
järjestysnumeroa lisätään ykkösellä.
Sitten siirrytään ruutuun 2 ja jakso
toistetaan nyt seuraavan eli
(i+1):nnen lohkon tietobittien suh-
30 teen.

Ylläesitetty vuokaavio on sovellettavissa kuvion 1
esittämään suoritusmuotoon. Kuvion 2 suoritusmuotoja varten
pätevä vastaava vuokaavio, jolloin siihen tulee suorittaa
jo aikaisemmin kuvatut muunnokset.

- 35 Jotta demoduloitaessa lähetettyä tai tallennettua ka-
navabittivirtaa voitaisiin erottaa informaatiobitit ja erot-

telubitit, on kanavabittilohkojen virtaan sisällytetty (n_3+n_4) bittiä, nimittäin n_3 tahdistavaa informaatiobittiä ja n_4 erottelubittiä. Tahdistavien bittien lohko asetetaan esimerkiksi kunkin ennakolta määritellyn informaatio- ja

5 erottelubittilohkolukumäärän jälkeen. Sen jälkeen, kun on havaittu tahdistussana, voidaan yksikäsitteisesti määritellä, missä bittipaikoissa informaatiobitit ja missä bittipaikoissa erottelubitit kulloinkin sijaitsevat. Tämän johdosta tulisi suorittaa toimenpiteitä, jotka estävät tahdistussanan jäljittelyn tietyillä bittivuorotteluilla informaatio- ja erottelulohkoissa. Tätä tarkoitusta varten voidaan valita yksi ainoa tahdistusbittilohko, eli tahdistusbitit, joita ei voi olla mukana informaatio- ja erottelubittisarjoissa. Sarjat, jotka eivät tyydytä eivät ole

15 kovin houkuttelevia tätä tarkoitusta varten, koska informaatiotiheys tai itsetahdistusominaisuudet muuttuvat tällöin negatiivisesti. Valinta on kuitenkin erittäin rajoittunut niiden sarjojen joukossa, jotka tyydyttävät (d,k) -rajoituksen ehdot.

20 Tämän johdosta ehdotetaan erilaista uutta menetelmää. Tahdistusbittilohko sisältää useita kertoja, esimerkiksi vähintään kaksi kertaa peräjälkeen ja toisiaan seuraten sarjan, johon sisältyy s bittiä, mitkä ovat "0"-tyyppiä kahden peräkkäisten "1" tyyppisen bitin välillä. Edullisimmin on s suuruudeltaan k . Kuvio 4 esittää tahdistusbitien lohkon SYN. Tämä lohko käsittää kahdesti peräjälkeen ja toisiaan seuraten tietyn joukon (1000000000 eli siis "1" ja sen jälkeen 10 nollaa), joita joukkoa merkitään $SYNP_1$ ja vastaavasti $SYNP_2$. Tämä sarja saattaa myös olla

30 mukana kanavabittivirrassa, nimittäin sarjoissa, joissa $k=10$. Jotta kuitenkin estettäisiin tätä sarjaa esiintymästä kahdesti peräjälkeen ja toisiaan seuraten tahdistusbittilohkon ulkopuolella, sammutetaan ensimmäinen ilmaisusignaali, kun erottelubittien lukumäärän ja niiden, peräkkäisten ja toisiaan seuraavien informaatiobittien lukumäärän, jotka ovat "0"-tyyppiä ja välittömästi edeltävät "1"-tyyppisiä

bittejä, jotka muodostavat osan erottelubittien lohkoista, summa on yhtä suuri kuin k ja samalla yhtäsuuri kuin niiden peräkkäisten ja toisiaan seuraavien "0"-tyyppisten informaatiobittien lukumäärän, jotka välittömästi seuraavat tämän "1"-tyyppisen bitin jälkeen, sekä erottelubittien lukumäärän summa. Toinen jo aikaisemmin mainittu keino estää jäljittely olisi käyttää kahdesti peräjäälkeen sarjaa 100000000000 eli käyttää lukua "1", jonka jälkeen seuraa 11 nollaa.

10 Tämän lisäksi sisältää tahdistusbittilohko myös tahdistuserottelubittilohkon. Tämän erottelubittilohkon tehtävä on täsmälleen samaa kuin se tehtävä, joka edellä kuvattiin erotelubittilohkolle informaatiobittilohkojen välillä (tämän johdosta näiden tehtävänä on tyydyttää (d,k) -
15 rajoituksen ehto ja rajoittaa tasavirran epätasapainoa). Ne toimenpiteet, jotka suoritetaan tahdistuskuvion esiintymisen estämiseksi kanavabittivirrassa sen esiintyessä kahdesti peräkkäin ja toisiaan seuraavasti, estävät myös tätä kuviota esiintymästä kolmesti ennen tai jälkeen tah-
20 distusbittilohkoa.

Ylläkuvattu menetelmä, jota voidaan myös nimittää moduloinniksi tai koodaamiseksi, tekee päinvastaisen toiminnan eli demoduloinnin tai dekodauksen paljon yksinkertaisemmaksi. Tasavirran epätasapainon rajoittaminen to-
25 teutetaan vaikuttamatta informaatiobittilohkoihin, joten informaatio erottelulohkoissa on informaation demodulaatiota varten tarpeeton. Lisäksi on se modulaattorin puolella suoritettava valinta, jossa määrätään, mikä m bittiä pitkä tietobittilohko liittyy mihinkin n_1 bittiä pitkään
30 informaatiobittilohkoon, tärkeä paitsi modulaattorin kannalta, myös demodulaattorin kompleksisuuden kannalta. Magneettisissa tallennusjärjestelmissä ovat modulaattorin ja demodulaattorin monimutkaisuudet yhtä tärkeitä, koska ne yleensä sijaitsevat molemmat laitteistossa. Opti-
35 sissa tallennusjärjestelmissä on tallennusväliaine ROM-tyyppinen, joten kuluttajan laitteisto tarvitsee ainoastaan demodulaattorin. Täten tässä viimeainitussa tapauksessa on

erityisen tärkeätä pienentää demodulaattorin monimutkaisuutta niin paljon kuin mahdollista, jopa modulaattorin monimutkaisuuden kustannuksella.

Kuvio 5 esittää erästä suoritusmuotoa demodulaattorista, joka demoduloi 8 tietobitin lohkot 14 informaatiobitin lohkoista. Kuvio 5a esittää demodulaattorin piirikaavion lohkokaaavana, ja kuvio 5b esittää kaavamaisesti osaa piiristöstä. Demodulaattori sisältää JA-portit 17-0...17-51, joista kussakin on yksi tai useampia sisääntuloja. Yksi (informaatiobittilohkon) 14 bitistä syötetään kuhunkin sisääntuloon, jotka ovat joko inverttoivaa tai inverttoimatonta tyyppiä. Kuvio 5b esittää sarakkeeseen C_1 , kuinka tämä toteutetaan. Sarake 1 edustaa vähiten merkityksellistä bittipositiota C_1 tästä 14 bitin informaatiolohkosta, kun taas sarake 14 esittää merkityksellisintä bittipositiota C_{14} , ja välillä olevat sarakkeet 2-13 edustavat jäljellä olevia bittipositioita niiden vastaavien merkittävyystasojen mukaisesti. Rivit 0-51 liittyvät JA-portin järjestysnumeroon, toisin sanoen rivi 0 kohdistuu JA-portin 17-0 sisääntulomuotoon, rivi 1 koskee sisääntulomuotoa JA-portille 17-1, jne. Rivin j i:nnessä sarakkeessa oleva symboli 1 osoittaa, että j :nnelle JA-portille 17 syötetään inverttoimattoman sisääntulon kautta i :nnen bittiposition sisältö B_1 . Rivin j i:nnessä sarakkeessa oleva symboli 0 osoittaa, että j :nnelle JA-portille 17 syötetään inverttoivan sisääntulon kautta i :nnen bittiposition sisältö (C_1). Tämän mukaisesti (katso riviä 0) yhdistetään JA-portin 17-0 inverttoiva sisääntulo ensimmäiseen bittipositioon (C_1), ja inverttoimaton sisääntulo yhdistetään neljänteen bittipositioon (C_4). Kuten nähdään riviltä 1 yhdistetään JA-portin 17-1 inverttoimattomaan sisääntuloon kolmas bittipositio (C_3) jne.

Demodulaattoriin sisältyy lisäksi 8 TAI-porttia 18-1...18-8, joiden sisääntulot on yhdistetty JA-porttien 17-0...17-51 ulostuloihin. Kuvio 5b esittää sarakkeissa A_1 , kuinka tämä on toteutettu. Sarake A_1 liittyy TAI-port-

tiin 18-1, sarake A_2 koskee TAI-porttia 18-2... ja sarake A_8 koskee TAI-porttia 18-8. Kirjain A j:nne rivin i:nnessä sarakkeessa osoittaa, että JA-portin 17-j ulostulo yhdistetään TAI-portin 18-i sisääntuloon.

5 JA-porttien 17-50 ja 17-51 suhteen on piiri muunneltu seuraavaan tapaan. Molempien JA-porttien 17-50 ja 17-51 inverttoivat ulostulot on yhdistetty vielä toisen JA-portin 19 sisääntuloon. TAI-portin 18-4 ulostulo on yhdistetty JA-portin 19 yhteen lisäsisääntuloon.

10 TAI-porttien 18-1, 18-2 ja 18-3 sekä 18-5...18-8 kukin ulostulo sekä JA-portin 19 ulostulo yhdistetään vastaavaan ulostuloon 20-i. Dekoodattu 18 tietobitin lohko on tämän seurauksena käytettävissä rinnakkaismuodossa näissä ulostuloissa.

15 Kuviossa 5a esitetty demodulaattori saattaa vaihtoehtoisesti olla muodoltaan nk. FPLA (field programmable logic array), esimerkiksi Signetics'in bipolaarinen FPLA-laitte, joka on tyyppiä 82S100/82S101. Kuviossa 5 esitetty taulukko on ohjelmointitaulukko tätä laitetta varten.

20 Kuviossa 5 esitetty demodulaattori on yksinkertaisuutensa vuoksi erityisen sovelias optisia tallennusjärjestelmiä varten, jotka on tarkoitettu vain "lukemista" varten (ROM).

Tahdistusbittilohko voidaan havaita kuviossa 6 esitetyillä keinoilla. Lähetetty tai muistiin luettu signaali tuodaan sisääntulonapaan 21. Tämä signaali on NRZ-M(ark) muotoa. Signaali tuodaan suoraan TAI-portin 22 ensimmäiseen sisääntuloon sekä TAI-portin 22 toiseen sisääntuloon viiveosan 23 kautta. Tällöin esiintyy nk. NRZ-I-signaali

30 TAI-portin 22 ulostulossa, joka yhdistetään siirtorekisterin 24 sisääntuloon. Tämä siirtorekisteri sisältää joukon lohkoja, joista kussakin on ulosottonsa, näitten lukumäärän ollessa yhtäsuuri kuin niitten bittien lukumäärä, jotka sisältyvät tahdistusbittilohkoon. Edellä esitetyssä

35 esimerkissä käytetyssä tapauksessa täytyy siirtorekisterissä olla 23 lohkoa, jotta se kykenisi sisältämään perä-

jälkeisen sarjan 10000000000100000000001. Kukin ulosotto on yhdistetty JA-portin 25 yhteen sisääntuloon, joka on joko invertoiva tai invertoimaton sisääntulo. Kun tahdistussarja on läsnä JA-portin 25 sisääntuloissa, muodostetaan tällöin signaali JA-portin ulostuloon 26, jota signaali voidaan käyttää ilmaisusignaalina tahdistuskuvion havaitsemisesta. Tämän signaalin avulla jaetaan bittijoukko (n_1+n_2) bitin lohkoiksi. Näitä kanavabittilohkoja siirretään toinen toisensa jälkeen vielä uuteen siirtorekisteriin.

10 Kaikkein merkityksellisimmät n_1 bittiä luetaan rinnakkain ja syötetään JA-porttien 17 sisääntuloihin, kuten on esitetty kuviossa 5a. Vähemmän merkitykselliset n_2 bittiä ovat tällöin merkityksettömiä demuloinnin kannalta.

Koodattu signaali tallennetaan esimerkiksi optiselle tallennusmateriaalille. Tällä signaalilla on muoto, jota kuviossa 1b on merkitty viitemerkillä WF. Signaali tuodaan tallennusmateriaalille kierukkamaisena informaatorakenteena. Tämä informaatorakenne sisältää sarjan peräkkäisiä suurlohkoja, jotka ovat esimerkiksi kuviossa 7 esitettyä

20 tyyppiä. Suurlohko SB_1 sisältää tahdistusbittilohkon SYN_1 , joka on toteutettu kuviossa 4 esitetyllä tavalla, sekä joukon (tässä tapauksessa 33) kanavabittilohkoja, joista kussakin on (n_1+n_2) bittiä $BC_1, BS_2, \dots, BC_{33}$. Kanavabitti, joka on "1"-tyyppiä esiintyy siirtymänä (transitiona) tallennusmateriaalilla, tässä esimerkkitapauksessa siirtymänä

25 kuopattomasta kohdasta kuoppaan. Kanavabitti, joka on "0"-tyyppiä, on esitetty tallennusmateriaalilla siirtymäkohdan puuttumisena. Kierukkamainen tietoura on jaettu yksittäis-soluihin eli bittisoluihin. Tallennusmateriaalilla nämä

30 bittisolut muodostavat avaruusrakennelman, joka vastaa ajallista jakautumaa (yhden bitin aikaväliä) kanavabittivirrassa.

Informaatio- ja erottelubittien sisällöstä riippumatta voidaan tallennusmateriaalilla havaita joukko yksittäiskohtia. Materiaalille merkitsee k-rajoitus sitä, että

35 maksimietäisyys kahden toisiaan seuraavan siirtymän välillä

lä on $k+1$ bittisolun pituinen. Pisin mahdollinen kuoppa (tai kuopaton alue) on täten pituudeltaan $(k+1)$ bittisolua. Toisaalta d -rajoitus merkitsee, että minimietäisyys kahden toisiaan seuraavan siirtymän välillä on $d+1$. Lyhin mahdollinen kuoppa (tai kuopaton alue) on tämän johdosta pituudeltaan $(d+1)$ bittisolua. Lisäksi on säännöllisin välimatkoin olemassa kuoppa, joka on maksimipituinen ja jonka jälkeen seuraa (tai jota edeltää) kuopaton alue, joka on maksimipituinen. Tämä rakenne on osa tahdistusbittilohkosta.

Eräässä edullisena pidetyssä suoritusmuodossa on $k=10$, $d=2$ ja suurlohko SB_i sisältää 588 kanavabittisolua. Suurlohko SB_i käsittää 27 bittisolun tahdistusbittilohkon ja 33 kanavabittilohkoa, joista kussakin on 17 (14+3) kanavabittisolua.

Modulaattori, lähetyskanava, esimerkiksi optinen tallennusmateriaali sekä demodulaattori saattavat yhdessä muodostaa osan järjestelmästä, esimerkiksi järjestelmästä, joka muuntaa analogisen informaation (musiikin tai puheen) digitaaliseksi informaatioksi, joka tallennetaan optiselle tallennusmateriaalille. Tälle tallennusmateriaalille tallennettu informaatio (tai sen kopio) on toistettavissa laitteistolla, joka soveltuu sen tyyppisen informaation toistamiseen, joka on tallennettu tallennusmateriaalille.

Muutinpieri sisältää erityisesti analogiadigitaalimuuntimen, jolla muunnetaan analoginen signaali (musiikki, puhe), joka tulee tallentaa, digitaaliseksi signaaliksi, jolla ennakolta määritelty muoto (äänitettäessä koodaaminen). Tämän lisäksi muutinpieri saattaa sisältää osan virheenkorjausjärjestelmästä. Tässä muutinpiirissä digitaalinen signaali muunnetaan tiettyyn muotoon, jonka avulla ne virheet, joita esiintyy erityisesti tallennusmateriaalin lukemisen kuluessa, ovat korjattavissa signaalien toistolaitteistossa. Virheenkorjausjärjestelmä, joka soveltuu tätä tarkoitusta varten, on esitetty patenttihakemuksessa, jonka on jättänyt Sony Corporation Japanista hakemusnume-

rolla 14539, jätetty 21. toukokuuta 1980 sekä vastaavasti 5. kesäkuuta 1980.

Tämä digitaalinen, virhesuojattu signaali tuodaan sen jälkeen edelläkuvatun tapaiseen modulaattoriin (kanavakoodaaminen) muunnettavaksi digitaaliseksi signaaliksi, joka soveltuu kanavan ominaisuuksille. Tämän lisäksi tuodaan mukaan tahdistuskuvio, ja signaali saatetaan sopivaan kehysmuotoon. Näin saatua signaalia käytetään aikaansaamaan säätösignaali esimerkiksi laseria varten (NRZ-markmuoto), jonka avulla aikaansaadaan kierukkamainen informaatiiorakenne tallennusmateriaalille kuoppien ja kuopattomien kohtien sarjana, jolla on ennakolta määritelty pituus.

Tallennusmateriaali tai sen kopio voidaan tämän jälkeen lukea laitteiston avulla niiden informaatiobittien toistamiseksi, jotka on saatu tallennusmateriaalilta. Tätä tarkoitusta varten käsittää laitteisto modulaattorin, jota on jo yksityiskohtaisesti kuvattu, virheenkorjausjärjestelmän dekodausosuuden sekä digitaalianalogiamuuntimen, jotta muodostettaisiin uudestaan jäljennös siitä analogisesta signaalista, joka oli tuotu muutinpiiriin.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä binääristen tietobittien sarjan koodaamiseksi binääristen kanavabittien sarjaksi, joka tietobittien sarja on jaettu toisiaan seuraaviksi ja peräkkäisiksi lohkoiksi, joista kukin sisältää m tietobittiä, ja jotka lohkot koodataan peräkkäisiksi (n_1+n_2) kanavabittien lohkoiksi, missä $(n_1+n_2) > m$, kunkin näistä kanavabittien lohkoista sisältäessä n_1 informaatiobittien lohkon sekä n_2 erottelubittien lohkon niin, että informaatiobittien peräkkäisiä lohkoja erottaa kulloinkin toisistaan yksi erottelubittien lohko, ja jolloin kahta ensimmäistä tyyppiä, tyyppiä "1", olevaa peräkkäistä kanavabittiä erottaa toisistaan vähintään d peräkkäistä ja toisiaan seuraavaa toista tyyppiä, tyyppiä "0" olevaa bittiä ja että peräkkäisten ja toisiaan seuraavien, toista tyyppiä olevien kanavabittien lukumäärä ei ole suurempi kuin k , t u n n e t t u siitä, että tämän menetelmän vaiheina:

1) muunnetaan lohkot, jotka sisältävät m tietobittiä, lohkoksi, joka sisältää n_1 informaatiobittiä,

2) muodostetaan mahdollisten kanavabittisarjojen joukko, kunkin sarjan sisältäessä vähintään yhden lohkon informaatiobittejä ja yhden lohkon erottelubittejä, ja näiden mahdollisten sarjojen kunkin käsittäessä informaatiobittilohkot täydennettynä yhdellä mahdollisista erottelubittilohkojen bittiyhdistelmistä,

3) määritellään tasavirran epätasapaino kustakin mahdollisesta kanavabittisarjasta, jotka oli määriteltä edellisessä vaiheessa,

4) määritellään kutakin mahdollista kanavabittisarjaa kohden erottelubittien lukumäärän ja niiden toisiaan seuraavien ja peräkkäisten informaatiobittien lukumäärän, jotka ovat "0"-tyyppiä ja jotka välittömästi edeltävät "1"-tyypin bittiä, summa sekä erottelubittien lukumäärän ja niiden toisiaan seuraavien ja peräkkäisten informaatio-

bittien lukumäärän, jotka ovat "0"-tyyppiä ja jotka välittömästi seuraavat "1"-tyypin bittiä, summa, joka "1"-tyypin bitti muodostaa osan yhdestä erottelubittilohkosta, sekä erottelubittien ja niiden toisiaan seuraavien ja peräkkäisten "0"-tyyppisten informaatiobittien lukumäärän summa, jotka "0"-tyypin bitit välittömästi edeltävät ja seuraavat erottelubittilohkoa,

5) aikaansaadaan ensimmäinen ilmaisusignaali niitä kanavabittisarjoja varten, joiden edellisessä vaiheessa määriteltujen summien arvot ovat korkeampia kuin d , mutta eivät ole suurempia kuin k ,

6) valitaan niistä kanavabittisarjoista, joille oli tuloksena ensimmäinen ilmaisusignaali, se kanavabittisarja, joka saattaa minimiinsä tasavirran epätasapainon määrän.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että viidennen vaiheen alavaiheena:

5a) sammutetaan ensimmäinen ilmaisusignaali sille kanavabittisarjalle, jolle neljännessä vaiheessa määriteltynä summa erottelubittien lukumäärästä ja toisiaan seuraavien ja peräkkäisten informaatiobittien lukumäärästä, jotka informaatiobitit "0"-tyyppisenä välittömästi edeltävät erottelubittilohkon "1"-tyypin bittiä, on yhtä suuri kuin se summa, joka myös määriteltiin neljännessä vaiheessa eli erottelubittien lukumäärän ja toisiaan seuraavien ja peräkkäisten informaatiobittien lukumäärän summa, jotka informaatiobitit olivat "0"-tyyppiä ja välittömästi seurasivat erottelubittilohkon "1"-tyypin bittiä, tämän summan ollessa arvoltaan s , ja että menetelmän vaiheina edelleen:

7) jaetaan (n_1+n_2) kanavabittiä käsittävien lohkojen sarja toisiaan seuraaviin ja peräkkäisiin kehyksiin, joissa kussakin on p lohkoa,

8) asetetaan tahdistuskanavabittilohko kunkin kahden peräkkäisen kehyksen väliin, tämän tahdistuskanavabittilohkon käsittäessä ennakolta määritellyn lohkon, jossa on n_3 tahdistavaa informaatiobittiä, joka lohko sisältää

vähintään kahdesti peräjälkeen ja toisiaan seuraten sarjan, joka käsittää kahden "1"-tyyppisen bitin välillä s bittiä "0"-tyyppisenä ja lisäksi lohkon, jossa on n_4 tahdistavaa erottelubittiä, tämän erottelubittien lohkon määräytyessä siitä, että suoritetaan vaiheet -2---6-, nämä mukaan luettuna, tahdistuskanabittilohkoon nähden.

3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että $s=k$.

4. Minkä tahansa edellä olevan patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että kuudennen vaiheen alavaiheina edelleen:

- määritellään kasautunut tasavirran epätasapaino edellä olevista kanavabittilohkoista,

- määritellään kasautuneen tasavirran epätasapainon summan absoluuttinen arvo ja kunkin sellaisen kanavabittisarjan tasavirran epätasapaino, joka sarja johti ensimmäiseen ilmaisu-signaaliin.

5. Minkä tahansa edellä olevan patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että kanavabittisarja käsittää neljä informaatiobittilohkoa, joissa kussakin on n_1 bittiä sekä neljä erottelubittilohkoa, ja että kolmella erottelubittilohkolla on ensimmäinen pituus n_2' ja että yhdellä on pituus n_2'' ja että $n_2'' > n_2'$.

6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että $n_1=14$, $n_2'=2$, $n_2''=6$ ja $m=8$.

7. Minkä tahansa edellä olevan patenttivaatimuksen 1-4 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että kanavabittisarja sisältää yhden informaatiobittilohkon, jossa on n_1 bittiä ja erottelubittilohkon, jossa on n_2 bittiä.

8. Patenttivaatimuksen 7 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että $n_1=14$, $n_2=3$ ja $m=8$.

9. Minkä tahansa patenttivaatimuksen 1-4 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että kanavabittisarja muodostetaan vähintään kahdesta kanavabittilohkosta ja että toisiaan seuraavat kanavabittisarjat kohdistuvat yhdessä

ainakin yhteen kanavabittilohkoon.

10. Demodulaattori tietobittien dekodeeraamiseksi, jotka tietobitit on koodattu minkä tahansa edellä olevan patenttivaatimuksen 2-9 mukaisen menetelmän perusteella,

5 t u n n e t t u siitä, että demodulaattori käsittää:

- laitteet tahdistuskuvion ilmaisemiseksi,
- laitteet kanavabittijoukon jakamiseksi lohkoiksi, joissa kussakin on (n_1+n_2) kanavabittiä,
- laitteet niiden lohkojen, joissa on n_1 informaatiobittiä, erottelemiseksi lohkoista, joissa on n_2 erotte-
- 10 lubittiä,
- laitteet n_1 informaatiobitin lohkon muuntamiseksi m tietobitin lohkoksi.

11. Patenttivaatimuksen 10 mukainen demodulaattori,
15 t u n n e t t u siitä, että muunnoslaitteet käsittävät JA-portteja, kunkin JA-portin ollessa varustettu sisääntuloilla, joihin tuodaan rinnakkain informaatiobitit, jotka tulevat ainakin yhdestä ennakolta määritellystä informaatiobittilohkon bittikohdasta, ja että laitteet edelleen käsit-

20 tävät TAI-portteja, joiden sisääntulot on yhdistetty ennakolta määritellyllä tavalla JA-porttien ulostuloihin ja että näillä TAI-porteilla on edelleen ulostulot dekodeattujen JA-porttien bittien syöttämiseksi ulos rinnakkaisina.

12. Tallennusmateriaali, jolla on informaatoraken-

25 ne, joka käsittää kanavabittisolujen sarjoja, näiden kanavabittisolujen kunkin sisältäessä binäärisen tietobitin, jota edustaa tason siirtymäkohta tai tason siirtymäkohdan puuttuminen tämän bittisolun alussa, t u n n e t t u siitä, että maksimietäisyys kahden toisiaan seuraavan siirtymän välillä on yhtä suuri kuin $(k+1)$ bittisolun pituus, et-

30 tä minimietäisyys kahden toisiaan seuraavan siirtymäkohdan välillä on yhtä suuri kuin $(d+1)$ bittisolun pituus, että läsnä on sarjoja, jotka ovat korkeintaan kahden $(k+1)$ bittisolun maksimietäisyyden pituisia, ja että nämä sarjat

35 ovat osa tahdistussarjaa.

13. Patenttivaatimuksen 12 mukainen tallennusmateriaali, t u n n e t t u siitä, että $k=10$ ja $d=2$, että tallennusmateriaali käsittää kahden peräkkäisen sarjan välissä, jotka ovat maksimietäisyydellä toinen toisistaan, kehyksen, jossa on 561 kanavabittisolua, tämän kehyksen käsittäessä 33 lohkoa, joissa kussakin on 17 kanavabittisolua, ja että tahdistussarja sisältää 27 kanavabittisolua.

14. Modulaattori, joka toteuttaa menetelmän binääristen tietobittien sarjan koodaamiseksi binääristen kanavabittien sarjaksi, joka tietobittien sarja on jaettu toisiaan seuraaviksi ja peräkkäisiksi lohkoiksi, joista kukin sisältää m tietobittiä, ja jotka lohkot koodataan peräkkäisiksi (n_1+n_2) kanavabitin lohkoiksi, missä $(n_1+n_2)>m$, kunkin näistä kanavabittien lohkoista sisältäessä n_1 informaatiobitin lohkon sekä n_2 erottelubitin lohkon niin, että informaatiobittien peräkkäisiä lohkoja erottaa kulloinkin toisistaan yksi erottelubittien lohko, ja jolloin kahta ensimmäistä tyyppiä, tyyppiä "1", olevaa peräkkäistä kanavabittia erottaa toisistaan vähintään d peräkkäistä ja toisiaan seuraavaa toista tyyppiä, tyyppiä "0", olevaa bittiä, ja että peräkkäisten ja toisiaan seuraavien, toista tyyppiä olevien kanavabittien lukumäärä ei ole suurempi kuin k , t u n n e t t u siitä, että se käsittää

1) laitteet, joilla muunnetaan lohkot, jotka sisältävät m tietobittiä, lohkoksi, joka sisältää n_1 informaatiobittiä,

2) laitteet, joilla muodostetaan mahdollisten kanavabittisarjojen joukko, kunkin sarjan sisältäessä vähintään yhden lohkon informaatiobittejä ja yhden lohkon erottelubittejä, ja näiden mahdollisten sarjojen kunkin käsittäessä informaatiobittilohkot täydennettynä yhdellä mahdollisista erottelubittilohkojen bittiyhdistelmistä,

3) laitteet, joilla määritellään tasavirran epätasapaino kustakin mahdollisesta kanavabittisarjasta, jotka oli määritelty edellisessä vaiheessa,

4) laitteet, joilla määritellään kutakin mahdollista kanavabittisarjaa kohden erottelubittien lukumäärän ja niiden toisiaan seuraavien ja peräkkäisten informaatiobittien lukumäärän, jotka ovat "0"-tyyppiä ja jotka välittömästi edeltävät "1"-tyypin bittiä, summa sekä erottelubittien lukumäärän ja niiden toisiaan seuraavien ja peräkkäisten informaatiobittien lukumäärän, jotka ovat "0"-tyyppiä ja jotka välittömästi seuraavat "1"-tyypin bittiä, summa, joka "1"-tyypin bitti muodostaa osan yhdestä erottelubittilohkosta, sekä erottelubittien ja niiden toisiaan seuraavien ja peräkkäisten "0"-tyyppisten informaatiobittien lukumäärän summa, jotka "0"-tyypin bitit välittömästi edeltävät ja seuraavat erottelubittilohkoa,

5) laitteet, joilla aikaansaadaan ensimmäinen ilmaisusignaali niitä kanavabittisarjoja varten, joiden edellisessä vaiheessa määriteltujen summien arvot ovat korkeampia kuin d , mutta eivät ole suurempia kuin k ,

6) laitteet, joilla valitaan niistä kanavabittisarjoista, joille oli tuloksena ensimmäinen ilmaisusignaali, se kanavabittisarja, joka saattaa minimiinsä tasavirran epätasapainon määrän.

15. Järjestely tiedonsiirtokanavalta, erityisesti tallennusmateriaalilta saatujen informaatiobittien toistamiseksi, t u n n e t t u siitä, että järjestelyyn kuuluu demodulaattori, joka käsittää:

- laitteet tahdistuskuvion ilmaisemiseksi,
- laitteet kanavabittijoukon jakamiseksi lohkoiksi, joissa kussakin on $(n_1 + n_2)$ kanavabittiä,
- laitteet niiden lohkojen, joissa on n_1 informaatiobittiä, erottelemiseksi lohkoista, joissa on n_2 erottelubittiä, ja
- laitteet n_1 informaatiobitin lohkon muuntamiseksi m tietobitin lohkoksi.

1. Förfarande för kodning av en sekvens av binära databitar till en sekvens av binära kanalbitar, vilken sekvens
5 av databitar är indelad i på varandra följande och sekventiella block, av vart och ett innehåller m databitar, och vilka block kodas till sekventiella block av (n_1+n_2) kanalbitar, i vilka $(n_1+n_2) > m$, varvid varje block av kanalbitar omfattar ett block av n_1 informationsbitar och ett block av
10 n_2 separeringsbitar så, att sekventiella block av informationsbitar separeras i respektive fall av ett block av separeringsbitar, och varvid två sekventiella kanalbitar av en första typ, typ "1", separeras från varandra av åtminstone d sekventiella och på varandra följande bitar av en andra typ,
15 typ "0", och att antalet sekventiella, på varandra följande kanalbitar av den andra typen inte är större än k , $k \leq n - n \text{ e t e c k n a t}$ därav, att förfarandet omfattar följande steg:

20 1) block innehållande m databitar omvandlas till ett block innehållande n_1 informationsbitar;

2) en grupp av möjliga kanalbitssekvenser skapas, varvid varje sekvens innehåller åtminstone ett block av informationsbitar och ett block av separeringsbitar, och var och en av dessa möjliga sekvenser omfattar informations-
25 blocken kompletterad med en av de möjliga bitkombinationerna av blocken av separeringsbitar;

3) likströmmens obalans från var och en av de möjliga kanalbitssekvenserna, som definierades i det föregående steget definieras;

30 4) för varje möjlig sekvens av kanalbitar definieras summan av antalet separeringsbitar och antalet av på varandra följande sekventiella informationsbitar av "0"-typ, vilka omedelbart föregår en bit av "1"-typ och summan av antalet separeringsbitar och antalet på varandra följande och
35 sekventiella informationsbitar av "0"-typ, vilka omedelbart följer efter en bit av "1"-typ, vilken bit av "1"-typ bildar en del av ett block av separeringsbitar, samt summan

av antalet separeringsbitar och på varandra följande och sekventiella informationsbitar av "0"-typ, vilka bitar av "0"-typ omedelbart föregår eller efterföljer ett block av separeringsbitar;

- 5 5) en första indikeringssignal åstadkommes för de kanalbitssekvenser, värdet av vilkas i det föregående steget definierade summor överstiger d men är inte lika stort som k ;

- 10 6) av de kanalbitssekvenser, vilka resulterade i den första indikeringssignalen, väljs den kanalbitsserie, som minimerar obalansen av likströmmen.

2. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e - t e c k n a t därav, att det femte steget omfattar följande understeg:

- 15 5a) den första indikeringssignalen undertrycks för den sekvens av kanabitar, för vilken summan, definierad i det fjärde steget, av antalet separeringsbitar och antalet av på varandra följande och sekventiella informationsbitar av "0"-typ omedelbart föregående en bit av "1"-typ av
20 blocket av separeringsbitar är lika stor som den summa, som också definierades i det fjärde steget, av antalet separeringsbitar och antalet på varandra följande och sekventiella informationsbitar av "0"-typ, vilka omedelbart efterföljer en bit av "1"-typ av blocket av separeringsbitar,
25 då värdet av denna summa är s , och att förfarandet vidare omfattar följande steg:

7) en sekvens av block med (n_1+n_2) kanalbitar delas i på varandra följande och sekventiella ramar, vilka alla har p block;

- 30 8) ett block av synkroniseringskanalbitar införs mellan varje två sekventiella ramar, varvid detta block av synkroniserade kanalbitar omfattar ett på förhand bestämt block med n_3 synkroniserande informationsbitar, vilket block innehåller åtminstone två gånger i följd och på var-
35 andra följande en sekvens, som omfattar mellan två sekventionella bitar av "1"-typ s bitar av "0"-typ och vidare ett

block med n_4 synkroniserande separeringsbitar, varvid detta block av separeringsbitar definieras av att skedena 2 till 6 utföres, dessa inklusive, med respekt till blocket av synkroniseringskanalbitar.

5 3. Förfarande enligt patentkravet 2, k ä n n e -
t e c k n a t därav, att $s = k$.

4. Förfarande enligt vilket som helst av de föregående patentkraven, k ä n n e t e c k n a t därav, att det sjätte steget omfattar följande understeg:

10 - den ackumulerade likströmsobalansen definieras från de föregående blocken av kanalbitar,

 - det absoluta värdet av summan av den ackumulerade likströmsobalansen definieras samt likströmsobalansen i varje sådan kanalbitssekvens, som resulterade i den första
15 indikeringssignalen.

5. Förfarande enligt vilket som helst av de föregående patentkraven, k ä n n e t e c k n a t därav, att kanalbitssekvensen omfattar fyra block av informationsbitar, vilka alla har n_1 bitar samt fyra block av separeringsbitar,
20 och att tre block av separeringsbitar har en första längd n_2' och att ett har en längd n_2'' och att $n_2'' > n_2'$.

6. Förfarande enligt patentkravet 5, k ä n n e -
t e c k n a t därav, att $n_1 = 14$, $n_2' = 2$, $n_2'' = 6$ och $m = 8$.

25 7. Förfarande enligt vilket som helst av de föregående patentkraven 1-4, k ä n n e t e c k n a t därav, att kanalbitssekvensen innehåller ett block av informationsbitar med n_1 bitar och ett block av separeringsbitar med n_2 bitar.

30 8. Förfarande enligt patentkravet 7, k ä n n e -
t e c k n a t därav, att $n_1 = 14$, $n_2 = 3$ och $m = 8$.

9. Förfarande enligt vilket som helst föregående patentkrav 1-4, k ä n n e t e c k n a t därav, att kanalbitssekvensen bildas av åtminstone två block av kanalbitar
35 och att på varandra följande kanalbitssekvenser tillsammans ansluter sig till åtminstone ett block av kanalbitar.

10. Demodulator för dekodning av databitar, vilka databitar är kodade på basen av ett förfarande enligt vilket som helst av de föregående patentkraven 2-9, k ä n n e t e c k n a d därav, att demodulatorn omfattar:

- 5 - anordningar för angivande av synkroniseringsmönstret,
- anordningar för delning av mängden av kanalbitar i block, vilka alla har (n_1+n_2) kanalbitar,
- anordningar för separering av blocken med n_1 informationsbitar från blocken med n_2 delningsbitar,
- 10 - anordningar för omvandling av ett block med n_1 informationsbitar till ett block med m databitar.

11. Demodulator enligt patentkravet 10, k ä n n e t e c k n a d därav, att omvandlingsanordningarna omfattar OCH-grindar, varvid varje OCH-grind är försedd med ingångar
 15 till vilka matas parallellt de informationsbitar, som kommer från åtminstone ett på förhand bestämt bitläge av blocket av informationsbitar, och att anordningarna vidare omfattar ELLER-grindar, vilkas ingångar på ett på förhand bestämt sätt är kopplade till OCH-grindarnas utgångar och
 20 att dessa ELLER-grindar vidare har utgångar för utmatning av de dekodade OCH-grindarnas bitar parallellt.

12. Registreringsmaterial med en informationsstruktur, som omfattar sekvenser av kanalbitsceller, varvid varje kanalbitscell innehåller en binär databit, vilken rep-
 25 resenteras av en nivåövergång eller bristen på en nivåövergång i början av denna bitcell, k ä n n e t e c k n a t därav, att maximiaavståndet mellan två på varandra följande övergångar är lika stort som längden av $(k+1)$ bitceller, att minimiaavståndet mellan två på varandra följande över-
 30 gångar är lika stort som längden av $(d+1)$ bitceller, att sekvenser är närvarande, vilkas längd inte överstiger maximiaavståndet av två $(k+1)$ bitceller, och att dessa sekvenser är en del av en synkroniseringssekvens.

13. Registreringsmaterial enligt patentkravet 12,
 35 k ä n n e t e c k n a t därav, att $k = 10$ och $d = 2$, att registreringsmaterialet omfattar en ram mellan två på var-

andra följande sekvenser på maximiavstånd från varandra, vilken har 561 kanalbitsceller, nämnda ram omfattar 33 block, vilka vart och ett har 17 kanalbitsceller, och att synkroniseringssekvensen innehåller 27 kanalbitceller.

5 14. Modulator, som genomför ett förfarande för kodning av en sekvens av binära databitar till en sekvens av binära kanalbitar, vilken sekvens av databitar är indelad i på varandra följande och sekventiella block, av vilka vart och ett innehåller m databitar, och vilka block kodas
10 till sekventiella block av (n_1+n_2) kanalbitar, i vilka $(n_1+n_2) > m$, varvid varje block av kanalbitar omfattar ett block av n_1 informationsbitar och ett block av n_2 separeringsbitar så, att sekventiella block av informationsbitar separeras i respektive fall av ett block av separeringsbitar, och varvid två sekventiella kanalbitar av en första
15 typ, typ "1" separeras från varandra av åtminstone d sekventiella och på varandra följande bitar av en andra typ, typ "0" och att antalet sekventiella, på varandra följande kanalbitar av den andra typen inte är större än k , $k \leq n -$
20 n e t e c k n a t därav, att den omfattar:

1) anordningar, medelst vilka block innehållande m databitar omvandlas till ett block innehållande n_1 informationsbitar,

2) anordningar, medelst vilka en grupp av möjliga
25 kanalbitssekvenser skapas, varvid varje sekvens innehåller åtminstone ett block av informationsbitar och ett block av separeringsbitar, och var och en av dessa möjliga sekvenser omfattar informationsbitsblocken kompletterad med en av de möjliga bitkombinationerna av blocken av separeringsbitar;
30

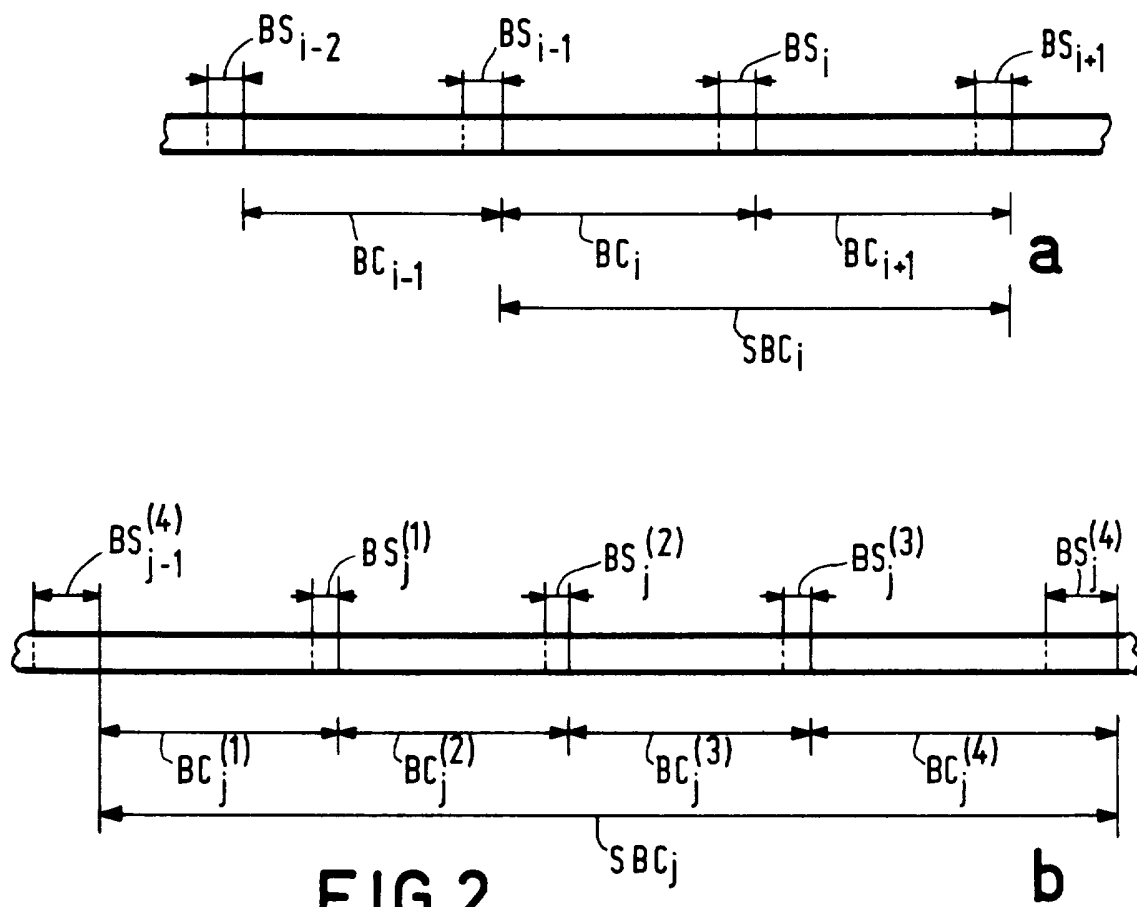
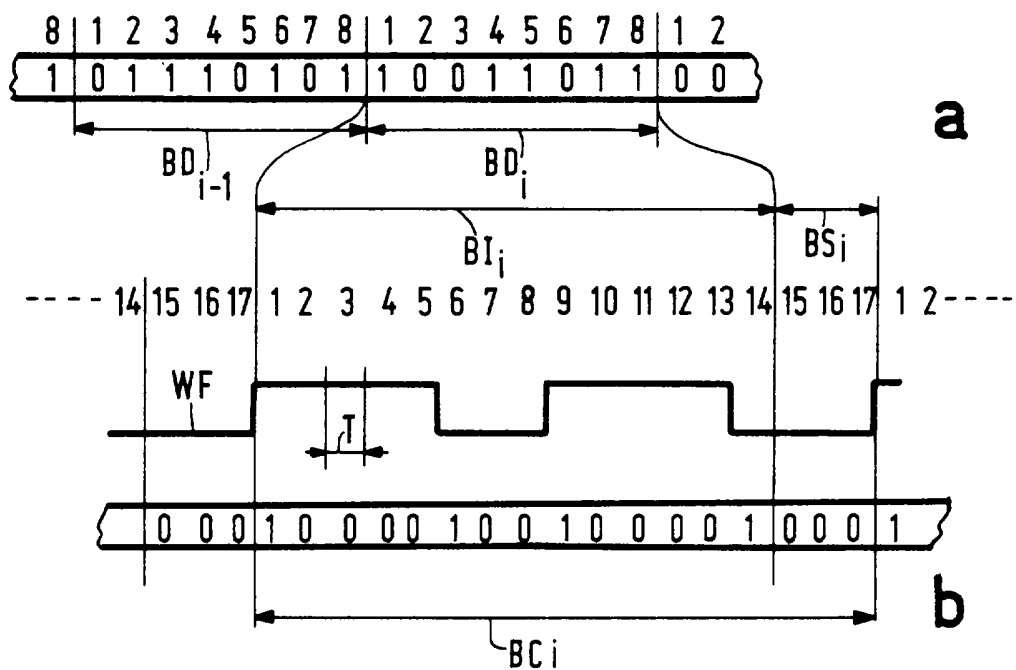
3) anordningar, medelst vilka likströmmens obalans från var och en av de möjliga kanalbitssekvenserna, som definierades i det föregående steget definieras;

4) anordningar, medelst vilka för varje möjlig sekvens av kanalbitar definieras summan av antalet separeringsbitar och antalet av på varandra följande sekventiella in-
35

- formationsbitar av "0"-typ, vilka omedelbart föregår en bit av "1"-typ och summan av antalet separeringsbitar och antalet på varandra följande och sekventiella informationsbitar av "0"-typ, vilka omedelbart följer efter en bit av
- 5 "1"-typ, vilken bit av "1"-typ bildar en del av ett block av separeringsbitar, samt summan av separeringsbitar och antalet på varandra följande och sekventiella informationsbitar av "0"-typ, vilka omedelbart föregår eller efterföljer ett block av separeringsbitar;
- 10 5) anordningar, medelst vilka en första indikerings-signal åstadkommes för de kanalbitssekvenser, värdet av vilkas i det föregående steget definierade summor överstiger d men är inte lika stort som k ;
- 6) anordningar, medelst vilka av de kanalbitssekvenser, vilka resulterade i den första indikeringssignalen, väljs den kanalbitsserie, som minimerar obalansen av likströmmen.
- 15 15. Arrangemang för återgivande av informationsbitar som erhållits, från en dataövergöringskanal, speciellt ett registeringsmaterial, $k \ddot{a} n n e t e c k n a t$ därav, att
- 20 arrangemanget uppvisar en demodulator, som omfattar:
- anordningar för angivande av synkroniseringsmönstret,
 - anordningar för delning av mängden av kanalbitar
 - 25 i block, vilka alla har (n_1+n_2) kanalbitar,
 - anordningar för separering av blocken med n_1 informationsbitar från blocken med n_2 separeringsbitar,
 - anordningar för omvandling av ett block med n_1 informationsbitar till ett block med m databitar.

Viitejulkaisuja-Anförda publikationer

Hakemusjulkaisuja:-Ansökningspublikationer: Saksan liittotasavalta-Föbundsrepubliken Tyskland(DE) 2 721 057 (H 03 K 13/00).
 Patenttijulkaisuja:-Patentskrifter: Iso-Britannia-Storbritannien(GB) 1 540 617 (H 04 L 3/00).
 Muita julkaisuja:-Andra publikationer: IBM Technical Disclosure Bulletin, vol. 22, nro 8B, tammikuu 1980, New York, L. Balliet, T.J. Wylie, "Four/six Block Transmission Code", p. 3547-3550.



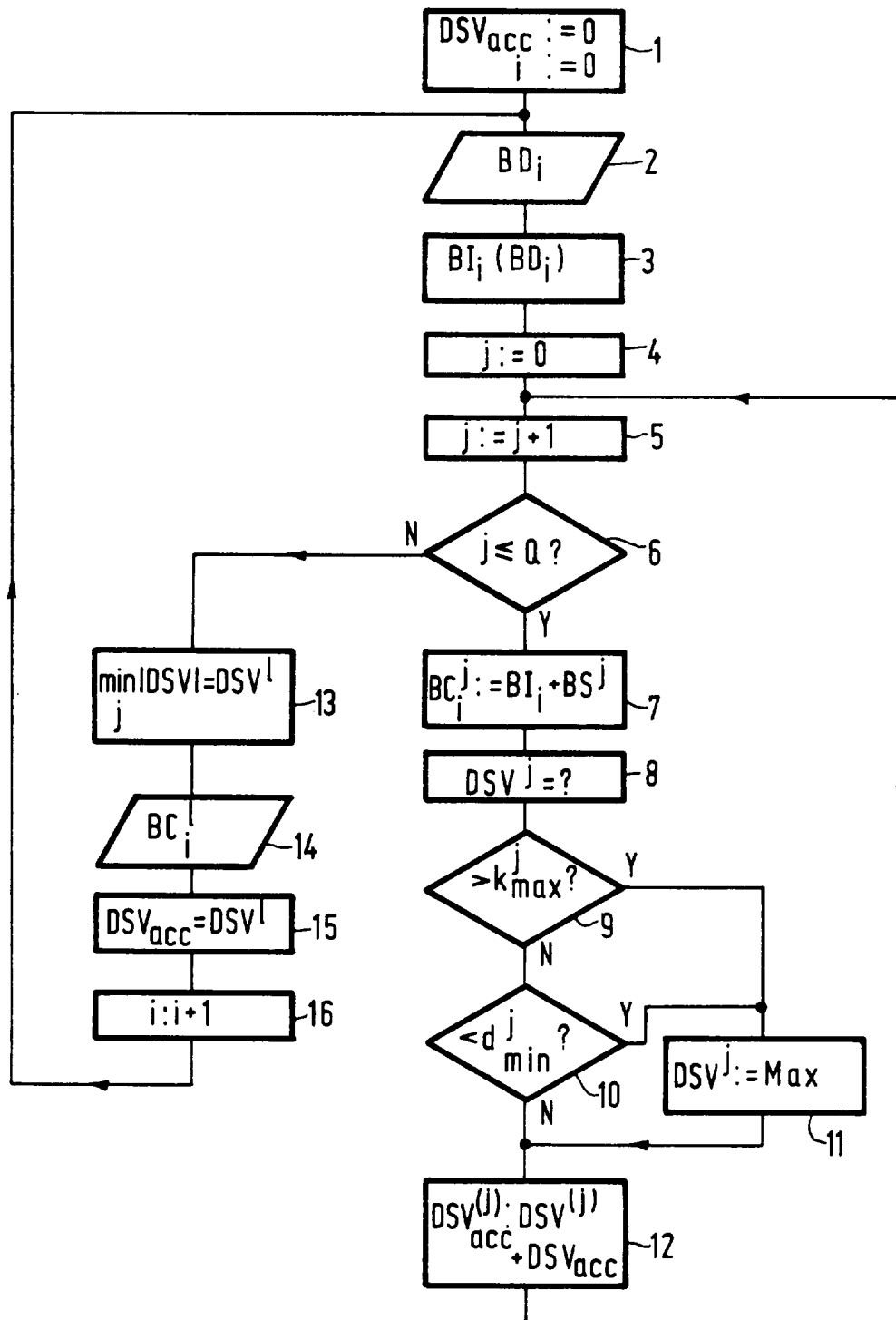


FIG.3

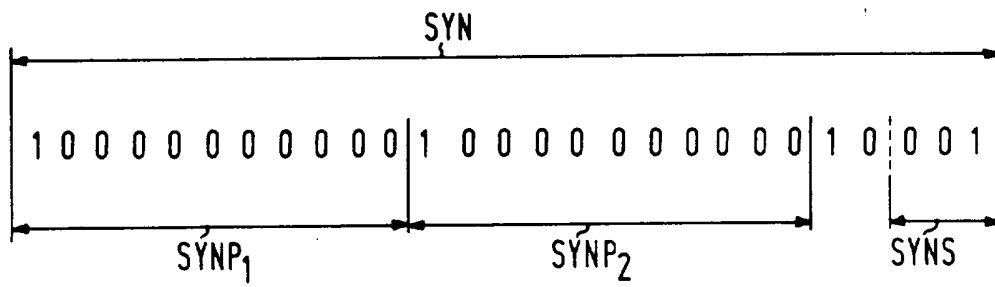


FIG. 4

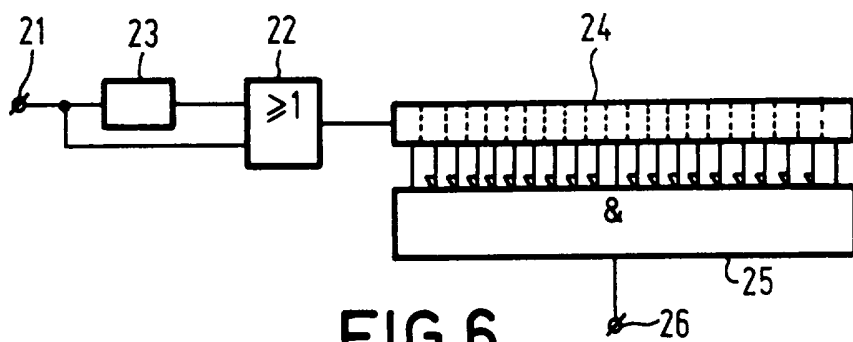


FIG. 6

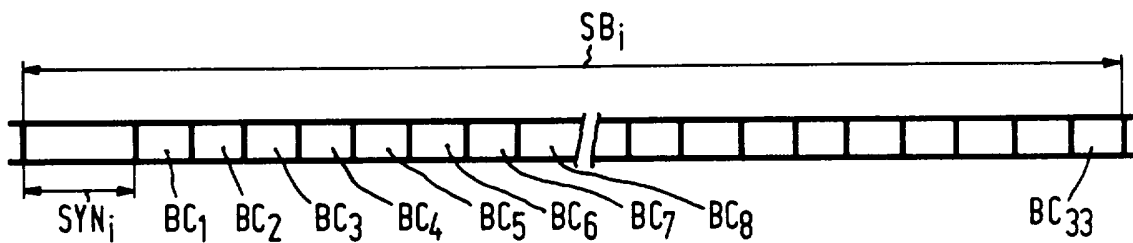


FIG. 7

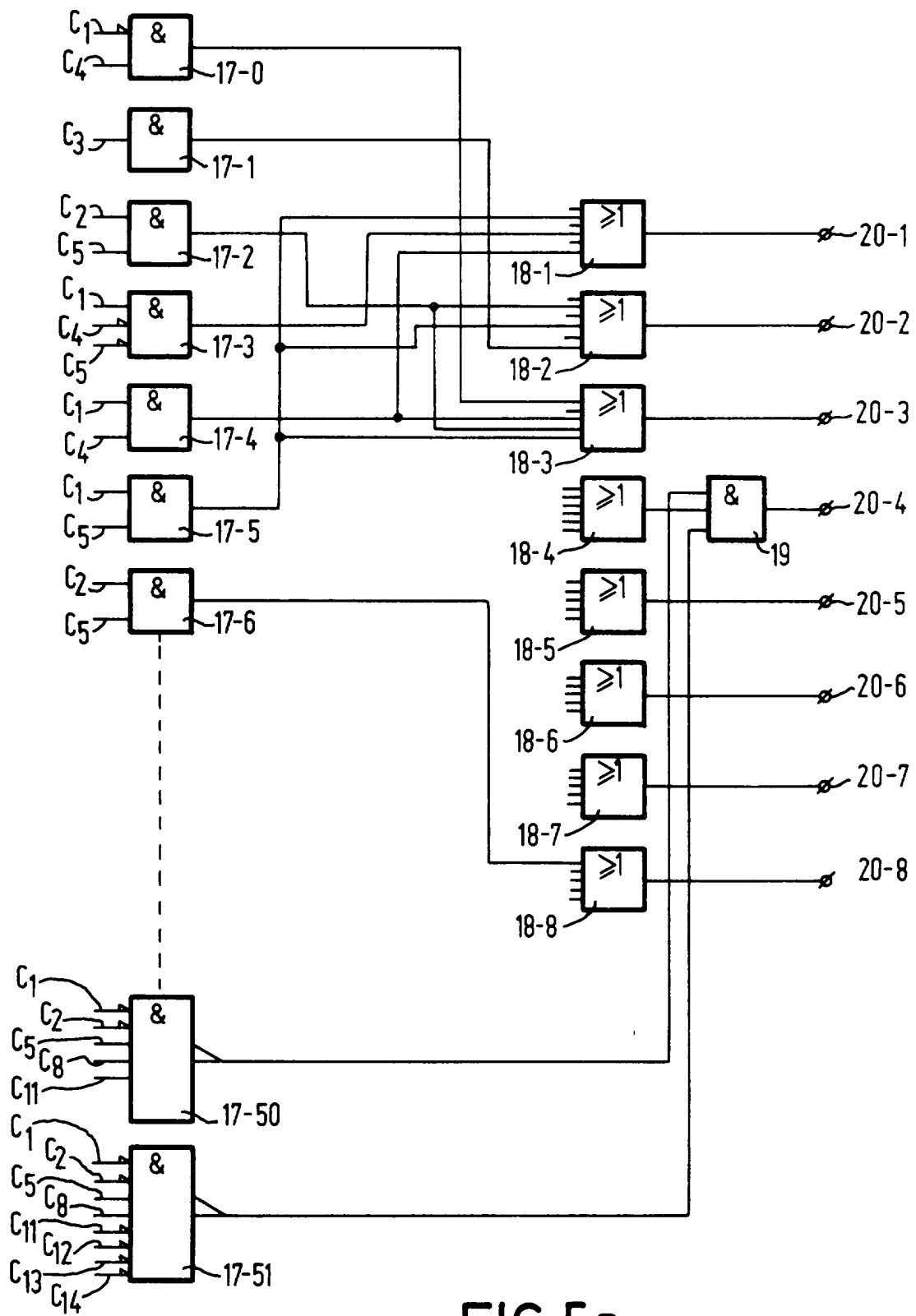


FIG.5a

	C _i														A _i							
	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
0											1			0						A		
1												1									A	
2										0			1							A	A	
3										0	0			1								A
4											1			1						A		A
5										1				1							A	A
6										1			1							A	A	A
7		1			0										A							
8			1													A						
9	0			1											A	A						
10	1			0	0												A					
11		1			1										A		A					
12	1				1											A	A					
13	1			1											A	A	A					
14							1												A			
15								1										A				
16						0	0	0	0									A	A			
17	1			0	0	0			1						A				A			
18			1			0			1								A		A			
19					1				0	0	0			1				A			A	
20					1				0			1						A		A		A
21				0			1			1			0	0				A				A
22					1				0	0			1				A					A
23		1			0	0			1							A				A		
24	0	0	0			1			1				1		A		A		A			A
25	0	0			1				1				1			A	A		A			A
26	0			1					1				1					A				A
27		1			0	0			1				1									A
28	0	0			1			1					1		A	A						A
29	0	0			1			1			0			1	A		A				A	
30	0	0			1			1			1			1	A	A	A				A	
31	1					1				1			1		A	A						
32	1					1			0	0			1		A			A				
33	0	0			1			1			1			0			A		A		A	
34	0	0			1			1				1			A	A	A					A
35	0	0			1				1					1	A		A			A		
36	0	0	0			1			1					1		A	A			A		
37	0	0			1				1			1				A	A					A
38	0	0	0			1			1			1			A		A		A			A
39	0	0			1			1			0	0	0	0		A	A				A	A
40	1					1				1			0	0		A			A	A		
41	1					1			1			0	0	0		A			A		A	A
42			1			1			1			0	0	0			A			A		
43			1			1				1			0	0			A		A	A		A
44		1				1				1			0	0			A	A		A		A
45		1				1			1			0	0	0			A				A	A
46	0	0	0	0	0	0			1			0	0	0	A		A			A		
47	0	0	0			1			1			0	0	0	A		A		A	A		A
48	0	0			1				1			0	0	0	A	A	A			A		
49	0	0	0			1			0	0	0	0	0	0	A		A		A	A		
50				1			1			1			0	0							A	A
51	0	0	0	0			1			1			0	0	A	A					A	

FIG.5b