



Nederland

⑩ A **Terinzagelegging** ⑪ **8200560**

⑲ NL

- ⑤4 **Stelsel voor kommunikatie middels herhaald uitgezonden berichten alsmede stations voor gebruik in zo een stelsel.**
- ⑤1 Int.Cl³: H04L 1/10, H04B 7/00, H03J 7/32, H03J 1/04.
- ⑦1 Aanvrager: N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Eindhoven.
- ⑦4 Gem.: Ir. R.A. Bijl c.s.
Internationaal Octrooibureau B.V.
Prof. Holstlaan 6
5656 AA Eindhoven.

- ②1 Aanvraag Nr. 8200560.
- ②2 Ingediend 15 februari 1982.
- ③2 --
- ③3 --
- ③1 --
- ⑥2 --

- ④3 Ter inzage gelegd 1 september 1983.

De aan dit blad gehechte stukken zijn een afdruk van de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en).

N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN TE EINDHOVEN.

"Stelsel voor communicatiemiddelen herhaald uitgezonden berichten alsmede stations voor gebruik in zo een stelsel".

De uitvinding betreft een stelsel voor communicatie tussen een zendstation en een ontvangstation via een berichtenkanaal, middels een bericht dat een relatief klein gedeelte van de transmissiecapaciteit van het berichtenkanaal beslaat, en waarbij het ontvangstation bevat

5 separatiemiddelen die gekoppeld zijn met het berichtenkanaal om daaruit een bericht te separeren en een dekodeur die is aangesloten op de separatiemiddelen om het bericht te dekodieren en op een uitgang te specificeren. Zo'n stelsel is bekend uit de Nederlandse Octrooiaanvraag 7800581 van dezelfde aanvrager, gepubliceerd op 29 augustus 1978.

10 (PHN 8692 C). Het bekende stelsel is een radio-omroep-systeem dat gebaseerd is op frekwentiemodulatie van een draaggolf, en waarbij een binair kodesignaal is gemoduleerd op een hulpdraaggolf. Het kodesignaal geeft informatie over de identiteit van het zendstation, het gebruikte omroepkanaal, en dergelijke; hiermee wordt slechts een klein deel van

15 het frekwentiespektrum van het betreffende omroepkanaal gebruikt. De uiteindelijk gedecodeerde informatie kan bijvoorbeeld als 7-segments-karakters worden afgebeeld. Het kodesignaal wordt in een voortdurende herhaling aan het programmasignaal toegevoegd zodat op elk moment de daarmee gerelateerde informatie kan worden afgebeeld. De ontvanger voor

20 zo'n kanaal kan op een willekeurig moment op het desbetreffende station worden afgesteld, en de dekodering kan dus midden in een bericht beginnen. Het bovenstaande geldt onverminderd als het ontvangstation is aangesloten op een centraal antennesysteem waarin frekwentiekonversie kan hebben plaatsgevonden. Het probleem van het willekeurige begin van de

25 afstemming steekt des te meer, wanneer de gedecodeerde code door een in het ontvangstation ingebouwde (micro)-computer gebruikt wordt voor het selekteren van een gewenst programma of een gewenste zender. Dit proces vindt bijvoorbeeld plaats in een zoekloop of aftastsekwentie waarbij een frekwentiegebied of een vooraf bekende reeks van zender-

30 frekwenties wordt onderzocht op het aanwezig zijn van signalen van het gewenste programma of de gewenste zender. Nog een andere toepassing van een stelsel volgens de aanhef kan zijn in een mobiel ontvangstation

8200560

dat op een bepaald programma is afgesteld, en welk programma door verschillende zenders (op verschillende frekwenties) wordt uitgezonden. Tijdens het bewegen van het ontvangstation wordt telkens gecontroleerd of wel is afgestemd op de sterkst ontvangen zender. Als dit niet zo is moet worden overgeschakeld, hetgeen volautomatisch wordt geëffectueerd. Als dus een kodebericht in één van deze gevallen onjuist wordt gede- kodeerd, kan dat tot geheel ongerechtvaardigde besturingsstappen leiden. Voorts kan het bericht gestoord worden, bijvoorbeeld door uitwendige oorzaken, zodat een bitfout kan optreden. Er wordt dus gevraagd om een kodeersysteem aan te geven, waarmee zoveel mogelijk van elkaar onderscheidbare boodschappen kunnen worden gekodeerd, zodanig, dat uit iedere opeenvolging van een aantal kode-elementen tot de vooraf bekende lengte van een kodewoord ad n bits het uitgezonden kodewoord decodeerbaar is, onder voorwaarde dat alleen een vooraf gespecificeerde, beperkte categorie van fouten optrede, en zonder dat een separaat synchronisatiewoord gebruikt hoeft te worden. Op zich zelf zou het decodeerprobleem door het gebruik van zo'n synchronisatie-woord verlicht worden, maar door het toevoegen van zo'n woord zou het afvraagproces vertraagd worden. Bovendien kan ook het synchronisatie-woord gestoord zijn en soms dan niet herkenbaar. Door de vertraging van het afvraagproces kan de eerder vermelde zoekloop over een frekwentiegebied te lang duren. Bijvoorbeeld wanneer het ontvangstation tegelijk een audiosignaal moet afgeven zou een luisteraar een onderbreking daarin als hinderlijk ervaren.

Een tweede categorie van stelsels volgens de aanhef wordt gevormd door selektief aktiverende omroepsystemen of "paging" systemen. Evenals hierboven is er een zendstation en een groot aantal mogelijke ontvangstations, die alle op dezelfde omroepband werken. Het zendstation kan een aantal verschillende berichten uitzenden, waarbij elk van de ontvangstations erop is ingericht om één of meer "eigen" berichten te herkennen en alsdan aktief te worden, bijvoorbeeld door een geluidsignaal af te geven. In dit geval wordt de omroepband slechts gedurende een klein deel van de tijd gebruikt, ook mag de transmissiecapaciteit van de omroepband zo klein zijn dat slechts één bericht simultaan kan worden getransporteerd. In dit geval zijn dus een aantal ontvangers tegelijk in de waak-stand, en alle onderzoeken het uitgezonden bericht. Om de betrouwbaarheid te vergroten kan het kodewoord een vast aantal malen, bijvoorbeeld driemaal of tienmaal direkt opeenvolgend uitgezonden. Ook

hier wordt gestreefd naar een zo groot mogelijk aantal kiesbare code-woorden binnen een vaste, beperkte lengte van het bericht, hetwelk eventueel gestoord kan zijn; dit is dus dezelfde doelstelling als in het eerder geciteerde gebruiksgebied.

- 5 De uitvinding realiseert de doelstelling doordat hij het kenmerk heeft dat in het zendstation een bericht gevormd wordt als een opeenvolging van $p > 1$ onderling identieke kodewoorden van elk $n > 1$ bits, welk bericht aan het berichtenkanaal wordt toegevoerd, waarbij een kodewoord ten opzichte van elk ander toelaatbaar kodewoord inclusief deszelfs cyclische transposities een bepaalde minimum Hamming-afstand bezit waardoor tenminste een voorafbepaalde fout detekteerbaar is en dat in het ontvangstation de dekodeur voorzien is van vermenigvuldigingsmiddelen om bij een gesepareerd n -bits woord een syndroomgrootheid te vormen en vertaal-middelen om uit een gesepareerd n -bits
- 10 woord en een daarbij behorende syndroomgrootheid een kodewoord te hervormen. Als middels bepaling van een syndroomgrootheid een niet-korrigeerbare fout in een n -bits gesepareerd woord wordt gedetekteerd kan door separatie van een volgend, verschoven, n -bits woord een nieuwe poging worden ondernomen om een kodewoord terug te vormen. Het vormen
- 20 van een syndroomgrootheid kan expliciet gebeuren. In andere gevallen blijft het impliciet zodat het niet op zichzelf naar buiten wordt gesignaleerd: dan kunnen vermenigvuldigingsmiddelen en vertaalmiddelen in een enkel onderdeel zijn samengevoegd. In de geciteerde uitvoeringen was het berichtenkanaal een omroepkanaal. Dit is niet nodig. Zo kan in
- 25 geval van de selektief oproepbare stations met een ringleiding worden gewerkt, of zelfs kan een lijn gebruikt worden die verder nog voor andere doeleinden wordt gebruikt, bijvoorbeeld voor het toevoeren van de voedingsstroom.

- Het is gunstig als een kodewoord ten opzichte van elk ander
- 30 toelaatbaar kodewoord inclusief deszelfs cyclische transposities een minimum Hamming afstand in de bitruimte van tenminste drie bits bezit en dat door vermenigvuldigingsmiddelen cum vertaalmiddelen tenminste één bitfout in een gesepareerd n -bits woord korrigeerbaar is. Als de minimum Hamming-afstand tenminste gelijk is aan drie bits kunnen alle
- 35 enkelbits fouten worden gekorrigeerd. Als de minimum Hamming-afstand gelijk is aan twee kunnen alle enkelbitsfouten worden gedetekteerd. De praktijk leert dat ook in dit laatste geval veelal een bepaalde

----- categorie van fouten korrigeerbaar is: sommige gestoorde kodewoorden -----
bezitten dan voor één enkel ongestoord kodewoord (inklusief deszelfs
cyclische transposities) en kleinere Hamming-afstand dan voor alle
andere kodewoorden. Het desbetreffende gestoorde kodewoord is dan hoogst
5 waarschijnlijk van laatstgenoemd ongestoord kodewoord afkomstig. Er
wordt in dit verband op gewezen dat de minimum Hamming-afstand van een
andere aard is dan die bij kodes zonder inachtneming van de cyclische
verschuiving. In het geval van bijvoorbeeld een kodeverzameling van
16 kodewoorden zijn er $\frac{1}{2} \times 16 \times 15 = 120$ verschillende niet nul-zijnde af-
10 standen. Als echter de cyclische verschuivingen mee beschouwd moeten wor-
den, zijn er in hetzelfde geval 120 verzamelingen van kode-afstanden
die geen element nul bevatten. Elke verzameling bevat ^{hoogstens} evenveel elementen-1)
als de bitlengte van de kodewoorden bedraagt. De minimum Hamming-af-
stand van de kode is nu het kleinste element van de (120 in dit geval)
15 verzamelingen.

De uitvinding betreft mede een zendstation voor gebruik in
opgemeld stelsel en een ontvangstation voor gebruik in dat stelsel.

KORTE BESCHRIJVING VAN DE FIGUREN

De uitvinding wordt nader uitgelegd aan de hand van enkele
20 figuren.

Fig. 1 geeft een tijdsdiagram van een selektief aktiverend
omroepsysteem.

Fig. 2 geeft een blokschema van een stelsel volgens de uit-
vinding.

25 Fig. 3 geeft de cyclische equivalentieklassen voor een 8-bits
kode.

Fig. 4 geeft een generatormatrix van een 8-bits-kode.

Fig. 5 geeft een generatormatrix voor een 15-bits-kode.

Fig. 6 geeft de pariteitskontrôlematrix bij Fig. 5

30 Fig. 7 geeft de matrices van een eerste 17-bits-kode.

Fig. 8 geeft de matrices van een tweede 17-bits-kode.

Fig. 9 geeft gedetailleerder een dekodeur (deel).

Fig. 10 geeft een tweede deel van zo'n dekodeur.

BESCHRIJVING VAN EEN EENVOUDIG SYSTEEM

35 Fig. 1 geeft een tijdsdiagram van de signalen in een systeem
met selektief aktiveerbare stations (paging). Horizontaal is op wille-
keurige schaal de tijd uitgezet, waarin het zendstation op kiesbare

ogenblikken berichten kan uitzenden om één of meer ontvangstations selektief te aktiveren. Eerst wordt van de kant van het zendstation getracht een niet nader^{beschreven}/ontvangstation A te aktiveren. Daartoe wordt driemaal achtereen een voor dit station gereserveerd kodewoord uitgezonden: 5 A1, A2, A3. Het is mogelijk dat ontvangstation A reageert op meerdere kodewoorden dan alleen zijn eigen gereserveerde kodewoord, bijvoorbeeld ook op het kodewoord "overal" (Mar.). Later in de tijd probeert het zendstation het ontvangstation B te aktiveren door het voor dát station gereserveerde kodewoord driemaal direkt achtereen uit te zenden: 10 B1, B2, B3. Als na enige tijd ontvangstation A nog niet gereageerd heeft wordt het bij dat station behorende kodewoord nogmaals drie keer uitgezonden (bijvoorbeeld na een tijdsinterval van vijf sekonden).

Fig. 2 geeft een blokschema van een stelsel volgens de uitvinding, bijvoorbeeld met selektief aktiveerbare ontvangstations (panging). Het zendstation 30 ontvangt op ingang 20 een identifikatie van een ontvangstation. Het ingangselement (bijvoorbeeld een register) 22 ontvangt deze identifikatie en presenteert die aan een encodeur 24. In dit eenvoudige voorbeeld is dit weergegeven als een 4 naar 8 bits versleuteling. Een voorbeeld van zo een 4-8 bits (n,k) kode met dus $n=8$ 20 en $k=4$ zal hierna worden gegeven. Elk kodewoord heeft ten opzichte van elk ander kodewoord, inclusief de cyclische transposities van dat andere kodewoord tenminste een voorafbepaalde minimum Hammingafstand. Als deze minimum Hammingafstand twee bits bedraagt is een enkelbits fout in een kodewoord detekteerbaar. Het aldus gevormde 8-bits kodewoord wordt op- 25 geslagen in een schuifregister 26. Onder besturing van een niet getekend kloksysteem wordt het 8-bits kodewoord driemaal (dit aantal is een vaste konstante voor elk systeem, maar kan tussen verschillende systemen ongelijke waarde hebben) geroteerd middels terugkoppelingslijn 28. De aan lijn 28 gepresenteerde bit is voor overdracht beschikbaar. Zo wordt een 30 bericht van 24 bits via het symbolisch aangegeven omroepkanaal 30 uitgezonden. Modulatie ter aanpassing aan de fysieke eigenschappen van het kanaal wordt eenvoudshalve niet getoond. Ook zend- en ontvangelektronika zijn eenvoudshalve weggelaten. Deze zijn van konventionele aard. Het bericht bevat dus drie, in ongestoorde toestand onderling identieke 35 kodewoorden, maar geen additionele synchronisatiewoorden. Aan de ontvangkant worden de kodebits serieel ontvangen en uit een reeks van 8 op-eenvolgende kodebits met behulp van de pariteitskontrôlematrix van de te

- bespreken kode een syndroomgrootheid bepaald in de syndroomgenerator plus foutpatroongenerator 34. Hiertoe is vereist dat de betreffende fout-korrigerende kode lineair is. Op zichzelf zijn niet-lineaire codes eveneens toelaatbaar. Het bepalen van de syndroomgrootheid geschiedt middels matrixvermenigvuldiging, een bekende techniek. De implementatie kan ge-
beuren met EXCLUSIEF-OF-poorten of middels een doodgeheugen. Uit het syndroom kunnen verschillende gevolgtrekkingen worden gemaakt:
- a. bij een eerste waarde van de syndroomgrootheid wordt het ontvangen woord als een foutloos, doch eventueel cyclisch getransponeerd kodewoord aanvaard en is dus het oorspronkelijke kodewoord reconstrueerbaar. Het geval dat deze situatie veroorzaakt wordt doordat slechts een niet-detekteerbare fout aanwezig is wordt buiten beschouwing gelaten. In het geval geen fout gedetekteerd wordt, bestaat de syndroomgrootheid bijvoorbeeld uitsluitend "nul"-bits.
 - b. bij een tweede categorie waarden van de syndroomgrootheid wordt een niet-korrigeerbare fout in het kodewoord signaleerd. Het betreffende signaal verschijnt op lijn 35 en blokkeert de werking van vertaalelement 38. Dit vertaalelement ontvangt verder via lijn 37 de in vertraag-element 41 vertraagde kodewoorden. Als het vertraagelement niet geblokeerd is wordt het kodewoord vertaald in het oorspronkelijk op lijn 20 ontvangen datawoord en afgebeeld op afbeeldelement 40, bijvoorbeeld als een hexadecimaal karakter. Als de syndroomgrootheid een onkorrigeerbare fout aangeeft van dit op andere manier worden afgebeeld. Verder kan het datawoord op niet aangegeven wijze verder verwerkt worden, zoals gebruikelijk is in systemen met selektief aktiveerbare stations of systemen met zender herkenning. Het signaal "akkoord" (onder a. hierboven) op lijn 35 aktiveert éénmaal de vertaling van een kodewoord, daarna wordt de vertaling van verdere kodewoorden (die dus verschoven versies kunnen zijn van dat wat eerst al vertaald is) geblokkeerd. De vertaling van een volgend kodewoord kan pas beginnen als op ingang 43 een vrijgeefsignaal wordt ontvangen, bijvoorbeeld vanuit een niet getekend beheersysteem. De vertraging in element 41 duurt zolang als nodig voor het in de tijd synchroniseren van de kodewoordinformatie en de bijbehorende syndroomgrootheid, het kan bijvoorbeeld een buffer zijn ter lengte van een kodewoord. In sommige gevallen, bijvoorbeeld als het vormen van de syndroomgrootheid gebeurt middels het adresseren van een dood geheugen, heeft deze extra vertraging niet nodig te zijn; dan fungeert als zodanig het mechanisme voor het serieel vullen van het adresregister van

- dat geheugen. De hierna te bespreken 8-bits kode heeft alleen een mogelijkheid voor detektie van één bitfout in het kodewoord en dan kan element 36 achterwege blijven. Als aan de andere kant de kode ten doel heeft om ook (of uitsluitend) bitfouten in een kodewoord te corrigeren.
- 5 dan treedt een derde categorie van syndroomgrootheden op;
- c. bij een derde categorie van syndroomgrootheden wordt een korrigeerbare fout in het kodewoord geïdentificeerd: uit de syndroomgrootheid wordt dan een storingswoord gerekonstrueerd dat dezelfde lengte heeft als het kodewoord. Dit wordt dan via lijn 44 toegevoerd aan EXCLUSIEF-OF-element
- 10 36. Modulo-2 optelling van storingswoord en kodewoord geeft dan een gerekonstrueerd storingswoord.

In het algemeen worden kodes met een in dit geval op specifieke manier gedefinieerde minimum Hamming afstand d tussen de bij elk kodewoord behorende verzamelingen gekarakteriseerd door de volgende foutkor-

15 rigerende/foutdetekterende eigenschappen:

- als $d=2$ is in elk kodewoord één enkelbitsfout detekteerbaar;
- als $d=3$ is in elk kodewoord één enkelbitsfout korrigeerbaar of twee enkelbitsfouten detekteerbaar;
- als $d=4$ is in elk kodewoord één enkelbitsfout korrigeerbaar en daaren-

20 boven één enkelbitsfout detekteerbaar of zijn drie enkelbitsfouten detekteerbaar; en zo verder voor grotere waarden van de minimum Hamming afstand d van de gehele kode.

Afhankelijk van de minimum Hammingafstand tussen één bepaald kodewoord en alle andere kodewoorden inclusief derzelver cyclische transposities

25 kan de mogelijkheid tot foutendetektie/korrektie voor juist dat kodewoord groter zijn dan het minimum. Het is mogelijk om juist zo'n "extra veilig" kodewoord te kiezen voor bepaalde belangrijke functies, bijvoorbeeld in het geval van selektief oproepbare stations voor het eerder genoemde signaal "overal". Uit het bovenstaande blijkt verder nog dat soms

30 of het geval b., of het geval c. voor de betreffende kode niet voorkomt, respectievelijk niet gebruikt wordt. De waarde van de minimum Hamming afstand en zonodig de keuze tussen korrektie en detektie worden gedikteerd door de wensen van de gebruiker.

Als in tegenstelling tot het bovenstaande een niet-lineaire

35 kode gebruikt wordt (de som van twee kodewoorden behoeft dan niet steeds een nieuw toelaatbaar kodewoord te geven), dan werkt de dekodeur met directe vertaling van gestoord kodewoord in gekorrigeerd kodewoord, dan

wel onherkenbaar kodewoord. Een extra vlagbit kan nog het 'al dan niet' herkennen, respektievelijk al dan niet corrigeren aangeven.

BEHANDELING VAN ENKELE KODES

Ter verduidelijking wordt eerst een 8-bits kode behandeld.

- 5 Fig. 3 geeft alle 36 cyclische equivalentie klassen, eenmaal als bitpatroon, en eenmaal als decimale waarde. Door cyclische transpositie van een kodewoord ontstaat steeds een woord van dezelfde cyclische equivalentieklassen. Zo levert het kodewoord (00001111)=15 ook de verdere woorden: 30, 60, 120, 240, 225, 195, 135. Van elke klasse is het in
- 10 waarde laagste woord aangegeven. Als deze waarde gelijk is aan m , dan hebben de andere woorden van deze klasse de waarden $2m \pmod{256}$, 2^2m , 2^3m , enzovoorts, totdat de waarde m weer terugkomt. De meeste equivalentieklassen bevatten acht woorden, die welke met een ster zijn aangegeven, echter minder (1, 2 of 4). In een ongestoorde situatie is het mogelijk
- 15 om elk van deze cyclische equivalentieklassen te herkennen, en daarmee het bijbehorende kodewoord te hervormen, ook als de woorden in een direct aaneengesloten volgorde worden aangeboden en het begin van het kodewoord dus niet bekend is. Zo kunnen dus op 8 kodebits een aantal van vijf ($5 \leq \log_2 36$) informatiebits worden afgebeeld.

- 20 Voorts is door de letters a. een deelverzameling van deze cyclische equivalentieklassen aangegeven, zodat tussen een kodewoord en elk ander kodewoord inclusief de cyclische transposities van laatstgenoemde tenminste een Hamming afstand van $d=2$ bestaat. Deze deelverzameling bevat twintig leden en een aantal van vier ($4 \leq \log_2 20$) bits
- 25 kan hier dus op worden afgebeeld. De betreffende deelverzameling bevat hier alle cyclische equivalentieklassen met een even aantal "enen". Voorts is door de letters g. uit laatstgenoemde deelverzameling weer een verdere deelverzameling van cyclische equivalentieklassen aangegeven. Deze verdere deelverzameling bevat 16 leden en daarop kan dus een data-
- 30 woord van vier bits worden afgebeeld. Bovendien heeft deze deelverzameling de voordelige eigenschap dat deze een lineaire kode vormt. De generatormatrix (G) van deze kode is gegeven in Fig. 4.
- Een lineaire kode wordt daardoor onderscheiden dat de som (bitsgewijs modulo 2) van twee kodewoorden weer een nieuw kodewoord oplevert. De
- 35 kodewoorden die uit de datawoorden gevormd worden behoren tot één van de in Fig. 3 met "g" aangegeven equivalentieklassen, maar het hoeft niet steeds de in deze figuur aangegeven representant van deze equivalentieklasse te zijn.

Voor de hier beschouwde kode geldt ook de algemene regel dat de kode-efficiency toeneemt voor grotere lengte van de kodewoorden.

Fig. 5 geeft een generatormatrix voor een vijftien-bits kode. Deze generatormatrix bevat een eenheidsmatrix met (11×11) elementen.

5 Het onderste deel genereert vier redundantiebits voor elk kodewoord. Dit gedeelte wordt ontworpen al rekening houdend met de volgende beperkingen; die op enkel-bits-per-kodewoord foutkorrigerende kodes van toepassing zijn:

- uit het aantal rijen van de matrix (n) en het aantal kolommen (k) volgt het aantal redundantiebits ($n-k$). Om een fout te corrigeren moet gelden: $2^{n-k} \geq (n+1)$. Hamming codes zijn optimaal in de zin dat $2^{n-k} = n+1$ voor zekere waarde van n . Op zich is zulke theorie voor de gewone kodes (zonder rekening te houden met cyclische equivalentieklassen) in deze techniek bekend.
- 10 - elke kolom van het onderste gedeelte bevat tenminste twee elementen "1" omdat elk kodewoord ten minste drie elementen "1" moet hebben (uitgezonderd het kodewoord dat alleen nullen bevat). Dit aantal "drie" is even groot als de minimum Hamming-afstand van de kode.
- 15 - elke kolom van het onderste deel van de generatormatrix is verschillend.

20 De verzameling van kodewoorden wordt nu als volgt gevonden: met de matrix van Fig. 5 zijn uit $2^{11} = 2048$ mogelijke informatiewoorden de telkens bijbehorende kodewoorden vormbaar. Deze vormen een cyclische kode met minimum Hammingafstand 3 waarin elke cyclische transpositie van een kodewoord zelf ook een kodewoord is. Voor iedere cyclische equivalentieklasse is slechts één enkele representant in de kode opgenomen: het aantal van deze representanten is dan 144, zodat daarop een informatiewoord van zeven bits kan worden afgebeeld. Fig. 6 geeft daarbij de pariteitskontrôlematrix (H) van deze kode. Deze wordt gevonden als een

25 matrix van $(n-k)$ rijen en n kolommen. De eerste k kolommen zijn identiek met het onderste deel van de generatormatrix in Fig. 5. De laatste $(n-k)$ kolommen vormen een eenheidsmatrix.

Stel als voorbeeld dat de ontvanger leest het kodewoord:

$\underline{c} = 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0$. Het syndroom van vier bits wordt gevonden door:

35
$$\underline{s} = (s_1 \dots s_3) = (H) \cdot \underline{c} = (1 \ 1 \ 1 \ 1)^T$$

Het syndroom als hier berekend is equivalent aan de modulo-2.som van de

aan de ontvangstkant gegenereerde, en de in het kodewoord ontvangen pariteitsbits). De waarde van het syndroom is gelijk aan de derde kolom van de pariteitskontrôlematrix (H) en werkt daarmee als foutlokator voor de derde bit. De foutlokator is identiek met de foutvektor en de
 5 korrekcie wordt gevonden door foutvektor modulo-2 op te tellen bij het kodewoord.

$$\begin{array}{r} 111001001000010 \\ \underline{001000000000000} + \\ 110001001000010 \end{array}$$

10 De 11 meest linkse bits vormen de pseudowaarde van dit mogelijk verschoven kodewoord, waarbij de meest linkse bit het minste signifikant is. Deze pseudowaarde is: $1+2+32+256=291$. Van elke cyclische equivalentieklasse wordt echter het kodewoord met de laagste waarde in de lijst opgenomen. Transpositie over twee bits naar links levert deze
 15 laagste pseudowaarde:

$$000100100001011$$

8+64=72 (daarbij tellen de redundantiebits niet mee. Via het lijstnummer in de lijst van cyclische equivalentieklassen kan dan het bij behorende datawoord worden gerekonstrueerd. Met de kode van Fig. 5, 6
 20 kan dus een enkelbitsfout op een willekeurige positie worden gekorri-geerd.

Fig. 7 geeft de generatormatrix (G) en de pariteitskontrôlematrix (Hz) van een cyclische (17, 9) kode met een minimum Hamming afstand van 5, die dus twee enkelbitsfouten kan corrigeren (of één van
 25 de eerder genoemde mogelijkheden bij deze minimum Hamming afstand kan realiseren). Voor de onderste 8 rijen van de matrix (Gz) geldt dat de tiende rij van achter naar voren gelezen hetzelfde levert als de zeventiende, en zo voorts voor de combinaties elfde/zestiende, twaalfde/vijftiende, en dertiende/veertiende rij. Deze spiegelmogelijkheid geldt
 30 dan uiteraard ook voor de eerste negen kolommen van de pariteitskontrôlematrix (Hz) (de vijfde kolom levert achterstevoren gelezen hetzelfde op). Dit is een op zichzelf bekende kode die hier op nader te bespreken manier met voordeel gebruikt zal worden. De korrektie-eigenschappen gelden op de konventionele manier, waarbij dus cyclische transposities
 35 niet mee in rekening gebracht mogen worden.

Fig. 8 geeft als vervolg op Fig. 7 daarbij de generatormatrix (Gzs) en de pariteitskontrôlematrix (Hzs) van een lineaire subkode van

8200560

de bij Fig. 7 behorende kode. Dit "behoren bij" betekent dat elke kode-
woord van deze subkode een unieke representant is van een cyclische
equivalentie klasse van de oorspronkelijke kode. Van de generatormatrix
vormen de eerste vijf rijen een identiteitsmatrix, de laatste vijf rijen
5 een toegevoegde identiteitsmatrix; en verder zijn alle kolommen in-variant
voor lezen van onderen naar boven. Het verband tussen pariteits-
kontrôlematrix en generatormatrix wordt op de bekende manieren uitgedrukt.
In deze kode is de minimum Hamming afstand tussen de onderscheidene cy-
clische equivalentieklassen gelijk aan vijf. Daarbij is de kode acyclisch
10 (zelfsynchroniserend), zodat twee enkelbits fouten in een kodewoord
korrigeerbaar zijn.

Fig. 9 geeft gedetailleerd een deel van een dekodeur. De
mogelijkerwijze gestoorde informatie arriveert op ingang 100 en wordt
achtereenvolgens opgeslagen in een schuifregister dat uit drie sekties
15 102, 104, 106 bestaat. Elke sektie heeft voldoende opslagcapaciteit.
voor een geheel kodewoord. Synchroniserende klokbesturing is eenvouds-
halve niet aangegeven. Telkens worden vier overeenkomstige bitposities
van een kodewoord doorgegeven aan de bit-extraktor 108. De getoonde
opzet is uiteraard alleen zinvol als het kodewoord tenminste viermaal
20 direkt achtereenvolgend wordt uitgezonden, dit in tegenstelling tot
de situatie in Fig. 1. De bitextraktor 108 ontvangt telkens vier kode-
bits en geeft op uitgang 110 dan een eerste schatting van de "echte"
waarde van die kodebit en op uitgang 112 een betrouwbaarheidsindikatie.
In dit geval wordt de "echte" waarde bepaald als de meerderheidsbeslis-
25 sing tussen de vier ontvangen kodebits. De betrouwbaarheid is "goed"
als tenminste drie direkt opeenvolgende kodebits dezelfde waarden heb-
ben, dus bij de volgende zes combinaties van kodebits: 0000, 0001, 1000,
0111, 1110, 1111. In alle andere (tien) gevallen is de betrouwbaarheid
"slecht". De geschatte kodebits worden achtereenvolgens opgeslagen in
30 register 114, de betrouwbaarheidsindikaties worden achtereenvolgens
opgeslagen in register 116. De dekodeur 118 implementeert het dekodeer-
algoritme van de cyclische kode met behulp van de pariteitskontrôle-
matrix (Hz) uit Fig. 7. Daarbij kunnen dus ten hoogste twee bitfouten
gecorrigeerd worden op eenzelfde manier als bij Figs. 5, 6 al is be-
35 schreven voor een enkelbitskorrigerende kode. Daarbij kan eventueel
gebruik gemaakt worden van de betrouwbaarheidsindikaties in register
116. Deze betrouwbaarheidsindikaties worden dan bewerkt door een be-
trouwbaarheidsdekodeur 120. Een eenvoudige mogelijkheid is dat deze in

het geval van teveel betrouwbaarheidsindikaties met de waarde "slecht" op lijn 122 een blokkeersignaal afgeeft voor de dekodering. Dit gebeurt dan bijvoorbeeld als drie of meer waarden "slecht" optreden. Het is ook mogelijk dat de onbetrouwbare kodebits worden aangewezen en dat een blokkeersignaal wordt opgewekt als niet zij, maar juist twee andere kodebits worden gekorrigeerd. Ten laatste kunnen de betrouwbaarheidsindikaties als lokator voor uit te voeren korrekties worden gebruikt. Zo verschijnt aan de uitgang van dekodeur 118 de tweede schatting van een kodewoord, welke hier eenvoudshalve als bestaande uit vier bits is weergegeven. Deze worden hier opgeslagen in register 120. Als deze opslag heeft plaatsgevonden, wordt middels terugkoppeling 122 de inhoud van dit register 120 eenmaal geroteerd. Zolang als dit duurt wordt het produceren van een nieuwe uitgangsinformatie door dekodeur 118 geblokkeerd. Op register 120 is aangesloten een woordherkenner 124. Deze is in dit vereenvoudigde schema aangegeven als te werken op slechts drie bits (in het geval van Fig. 7 zouden dit negen bits zijn). Als dan verschijnt in uitgangsregister 126 de gerekonstrueerde boodschap met een lengte van K bits.

Fig. 10 geeft een tweede deel van een dekodeur te gebruiken met de kodes van Fig. 7, 8. Met indicatie 140 is aangegeven een register dat in functie overeenstemt met het register 120 in Fig. 9, en dat dus de voorlopig gekorrigeerde kode ontvangt via een hier als serieel aangegeven ingang. Element 144 is een dekodeur voor de door Fig. 7 gedefinieerde kode; deze is hierboven beschreven in samenhang met de kode volgens Figs. 5, 6. Deze behandeling kan heel goed serieel gebeuren. Aan de uitgang van dekodeur 144 is een tweewegschakelaar 146 aangesloten. In de ene stand wordt dan het zeventien-bits kodewoord opgeslagen in register 148 dat een capaciteit heeft van zeventien bits. De detektie van een geldig datawoord vindt plaats door acht EXCLUSIEF-OF-poorten zoals element 150: daarin worden paarsgewijze de volgende bits opgeteld 1/17, 2/16, 3/15, 4/14, 5/13, 6/12, 7/11, 8/10. Deze optelresultaten worden toegevoerd aan een 8-bits brede NIET-OF-poort 152: deze geeft een logische "1" af als de bovengenoemde bits steeds paarsgewijze dezelfde waarde bezitten. Als dat zo is verschijnt op uitgang 154 een "data geldig" signaal. Na ontvangst van een kodewoord van zeventien bits in register 148 wordt schakelaar 146 in de bovenste stand gesteld, zodat het kodewoord circuleert, op dezelfde manier als

eerder geschetst met betrekking tot register 120 in Fig. 9. Als het signaal op uitgang 154 aangeeft dat een geldig datawoord aanwezig is, wordt dit datawoord zelf gevonden als de eerste vijf kodebits in register 148: uitgangen 156.

5

10

15

20

25

30

35

CONCLUSIES:

1. Stelsel voor communicatie tussen een zendstation en een ontvangstation via een berichtenkanaal, middels een bericht dat een relatief klein gedeelte van de transmissiecapaciteit van het berichtenkanaal beslaat, en waarbij het ontvangstation bevat separatiemiddelen die gekoppeld zijn met het berichtenkanaal om daaruit een bericht te separeren en een dekodeur die is aangesloten op de separatiemiddelen om het bericht te dekoderen en op een uitgang te specificeren, met het kenmerk dat in het zendstation een bericht gevormd wordt als een opeenvolging van $p > 1$ onderling identieke kodewoorden van elk $n > 1$ bits, welk bericht aan het berichtenkanaal wordt toegevoerd, waarbij een kodewoord ten opzichte van elk ander toelaatbaar kodewoord inclusief deszelfs cyclische transposities een bepaalde minimum Hamming-afstand bezit waardoor tenminste een voorafbepaalde fout detekteerbaar is, en dat in het ontvangstation de dekodeur voorzien is van vermenigvuldigingsmiddelen om bij een gesepareerd n -bits woord een syndroomgrootheid te vormen en vertaalmiddelen om uit een gesepareerd n -bits woord en een daarbij behorende syndroomgrootheid een kodewoord te hervormen.
2. Stelsel volgens conclusie 1, met het kenmerk dat een kodewoord ten opzichte van elk ander toelaatbaar kodewoord inclusief deszelfs cyclische transposities een minimum Hamming-afstand in de bitruimte van tenminste drie bits bezit en dat door vermenigvuldigingsmiddelen cum vertaalmiddelen tenminste één bitfout in een gesepareerd n -bits woord corrigeerbaar is.
3. Zendstation voor gebruik in een stelsel volgens conclusie 1 of 2, met het kenmerk dat het kodewoord het zendstation identificeert.
4. Zendstation voor gebruik in een stelsel volgens conclusie 1 of 2, met het kenmerk dat het zendstation geschikt is voor het uitzenden van meerdere verschillende kodewoorden, om een door een kodewoord geïdentificeerd ontvangstation te activeren.
5. Ontvangstation voor gebruik met een zendstation volgens conclusie 3, met het kenmerk dat het voorzien is van weergeefmiddelen voor een ontvangen kodebericht.
6. Ontvangstation voor gebruik met een zendstation volgens conclusie 4, met het kenmerk dat het ontvangstation onder besturing van een voorafbepaalde deelverzameling van kodewoorden een intern aktiveringssignaal vormt, doch ten andere in een wachttoestand blijft.

A1 A2 A3

B1 B2 B3

A4 A5 A6

FIG. 1

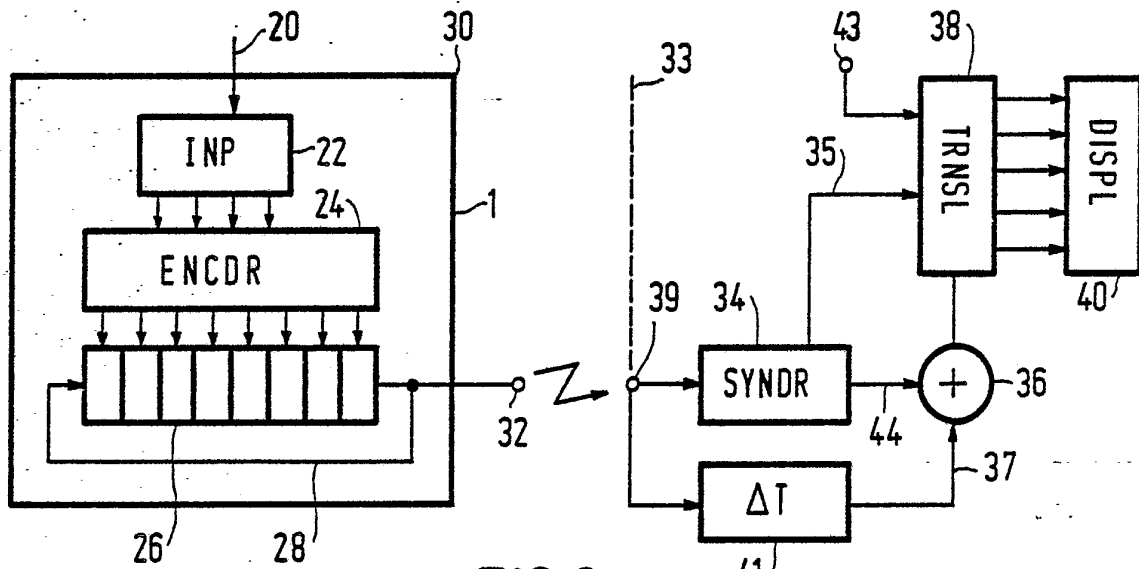


FIG. 2

$$G = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

FIG. 4

$$[G] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & . & . & . & . & . & . & . & . & 0 \\ 0 & . & 1 & . & . & . & . & . & . & . & 0 \\ 0 & . & . & 1 & . & . & . & . & . & . & 0 \\ 0 & . & . & . & 1 & . & . & . & . & . & 0 \\ 0 & . & . & . & . & 1 & . & . & . & . & 0 \\ 0 & . & . & . & . & . & 1 & . & . & . & 0 \\ 0 & . & . & . & . & . & . & 1 & . & . & 0 \\ 0 & . & . & . & . & . & . & . & 1 & . & 0 \\ 0 & . & . & . & . & . & . & . & . & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

FIG. 5

$$[H] = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

FIG. 6

a	0	0	0	0	0	0	0	0	*	0	g
								1		1	
a							1	1		3	g
a					1		1	1		5	g
				1	1	1				7	
a			1				1	1		9	g
			1			1	1			11	
			1	1		1				13	
a			1	1	1	1				15	
a			1				1	*		17	g
			1				1	1		19	
			1		1		1			21	
a			1		1	1	1			23	g
			1	1			1			25	
a			1	1			1	1		27	g
a			1	1	1		1			29	g
			1	1	1	1	1			31	
		1				1	1			37	
a		1				1	1	1		39	g
a		1		1		1	1			43	g
a		1		1	1		1			45	
		1		1	1	1	1			47	
a		1	1			1	1	*		51	
a		1	1		1		1			53	g
		1	1		1	1	1			55	
		1	1	1		1	1			59	
		1	1	1	1		1			61	
a		1	1	1	1	1	1			63	g
a	1		1		1		1	*		85	
	1		1		1	1	1			87	
	1		1	1		1	1			91	
a	1		1	1	1	1	1			95	g
a	1	1		1	1	1	1			111	g
a	1	1	1		1	1	1	*		119	g
	1	1	1	1	1	1	1			127	
a	1	1	1	1	1	1	1	*		255	g

FIG.3

$$G_Z = \begin{bmatrix} 1 & & & & & & & & \\ & 1 & & & & & & & \\ & & 1 & & & & & & \\ & & & 1 & & & & & \\ & & & & 1 & & & & \\ & & & & & 1 & & & \\ & & & & & & 1 & & \\ & & & & & & & 1 & \\ & & & & & & & & 1 \end{bmatrix}$$

$$H_Z = \left[\begin{array}{cccccccc|cccc} 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & & & & \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & & & & \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & & & & & \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & & & & & \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & & & & & \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & & & & & \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & & & & & \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & & & & & \end{array} \right]$$

FIG. 7

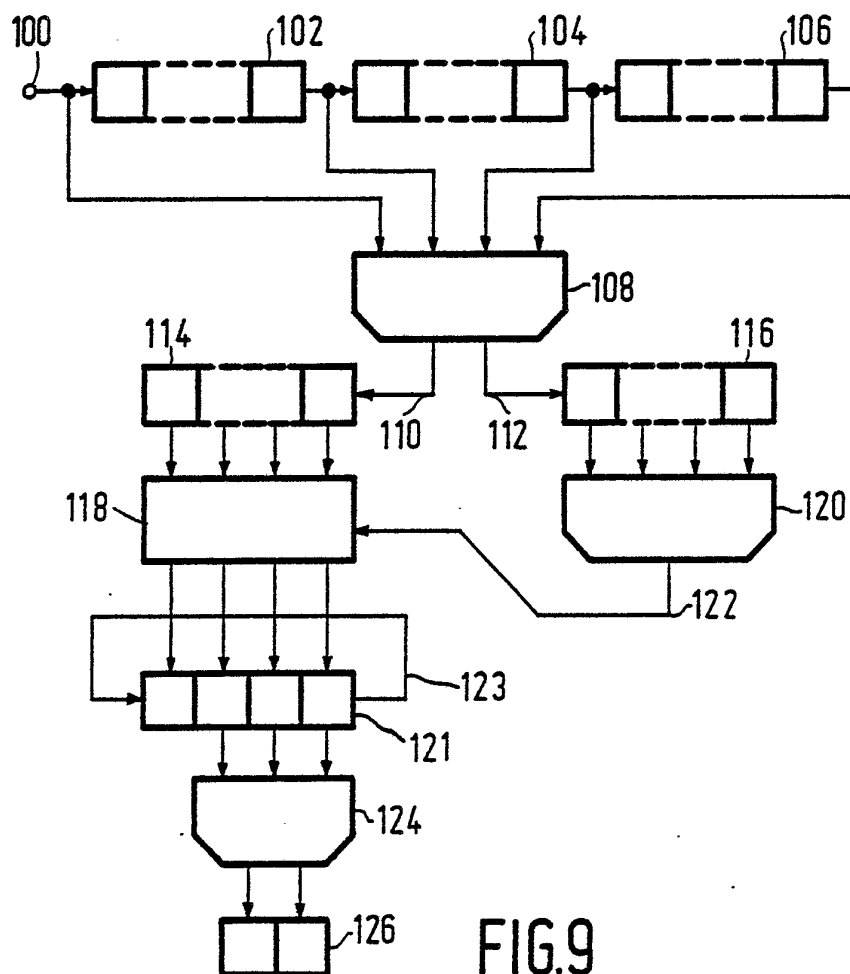


FIG. 9

4/4

$$GZ_S = \begin{bmatrix} 1 & & & & & & & & & & & & & & & & \\ & 1 & & & & & & & & & & & & & & & \\ & & 1 & & & & & & & & & & & & & & \\ & & & 1 & & & & & & & & & & & & & \\ & & & & 1 & & & & & & & & & & & & \\ & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & & & & & & & & & & & \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & & & & & & & & & & & & \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & & & & & & & & & & & & \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & & & & & & & & & & & & \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & & & & & & & & & & & & \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & & & & & & & & & & & & \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & & & & & & & & & & & & \\ & & & & & & 1 & & & & & & & & & & \\ & & & & & & & 1 & & & & & & & & & \\ & & & & & & & & 1 & & & & & & & & \\ & & & & & & & & & 1 & & & & & & & \\ & & & & & & & & & & 1 & & & & & & \\ & & & & & & & & & & & 1 & & & & & \\ & & & & & & & & & & & & 1 & & & & \\ & & & & & & & & & & & & & 1 & & & \\ & & & & & & & & & & & & & & 1 & & \\ & & & & & & & & & & & & & & & 1 & & \\ & & & & & & & & & & & & & & & & 1 & \\ & & & & & & & & & & & & & & & & & 1 \end{bmatrix}$$

$$HZ_S = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & & & & & & & & & & & & & \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & & & & & & & & & & & & & & \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & & & & & & & & & & & & & \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & & & & & & & & & & & & & \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & & & & & & & & & & & & & \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & & & & & & & & & & & & & \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & & & & & & & & & & & & & \\ & & & & & & 1 & & & & & & & & & & & \\ & & & & & & & 1 & & & & & & & & & & \\ & & & & & & & & 1 & & & & & & & & & \\ & & & & & & & & & 1 & & & & & & & & \\ & & & & & & & & & & 1 & & & & & & & \\ & & & & & & & & & & & 1 & & & & & & \\ & & & & & & & & & & & & 1 & & & & & \\ & & & & & & & & & & & & & 1 & & & & \\ & & & & & & & & & & & & & & 1 & & & \\ & & & & & & & & & & & & & & & 1 & & \\ & & & & & & & & & & & & & & & & 1 & \\ & & & & & & & & & & & & & & & & & 1 \end{bmatrix}$$

FIG.8

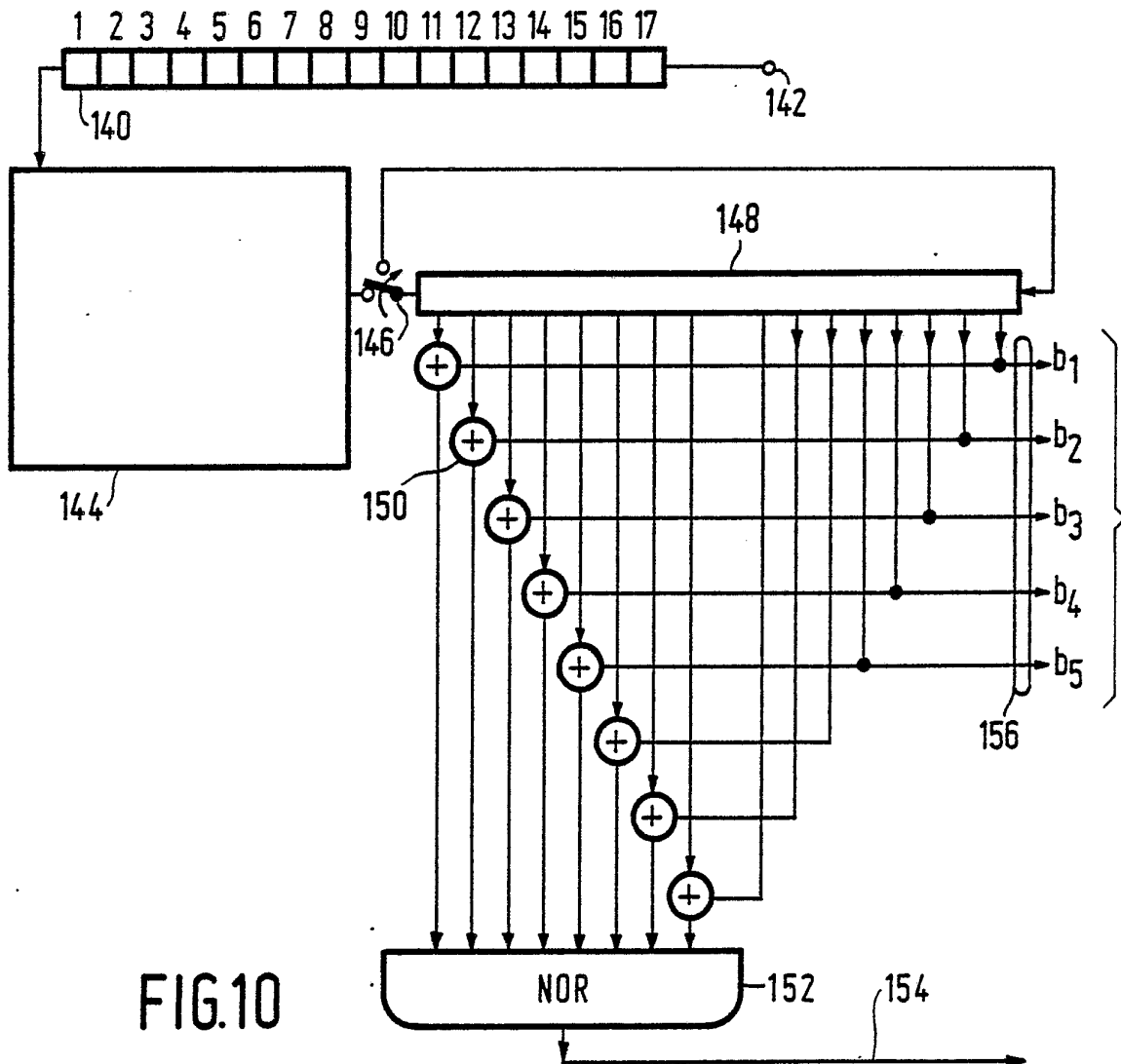


FIG.10