



(12) **PATENT**

(19) NO

(11) **314239**

(13) B1

(51) Int Cl⁷

H 03 M 7/30

Patentstyret

(21) Søknadsnr
(22) Inng. dag
(24) Løpedag
(41) Alm. tilgj.
(45) Meddelt dato
(62) Avdelt fra 19882137

19940381
1994.02.07
1987.09.16
1988.07.18
2003.02.17

(86) Int. inng. dag og
søknadsnummer
(85) Videreføringsdag
(30) Prioritet

1987.09.16, PCT/US87/02377
1988.05.16
1986.09.19, US, 909776
1987.09.04, US, 91911

(71) Patenthaver

The Titan Corp, 3033 Science Park Road, San Diego, CA 92121, US
Cable/Home Communication Corp,
6262 Lusk Boulevard, San Diego, CA 92121, US

(72) Oppfinner

Gordon Kent Walker, Carlsbad, CA, US
Ron D. Katznelson, San Diego, CA, US
Paul Moroney, Cardiff-by-the-Sea, CA, US
J.K. Thorsens Patentbureau AS, 0134 Oslo

(74) Fullmektig

(54) Benevnelse

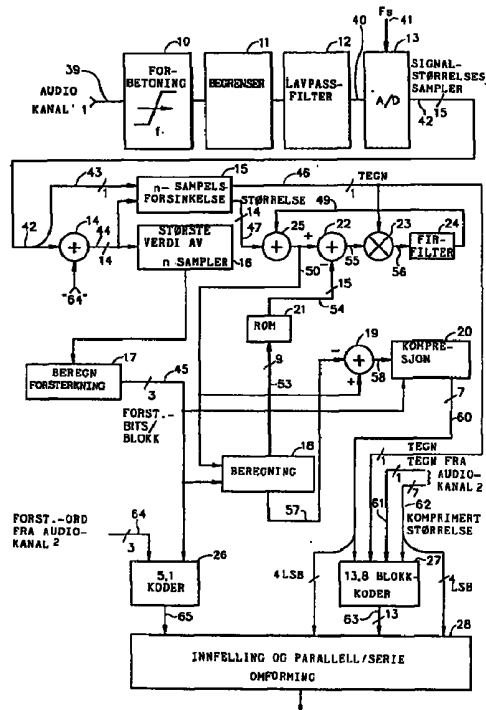
Anordning for behandling av audiosignaler

(56) Anførte publikasjoner

US 3863215, US 4225751

(57) Sammendrag

En anordning for behandling av audiosignaler behandler komprimerte, digitale audiosignalsampler med det formål å korrigere feil som oppstår ved kompresjons- og ekspansjonsprosessene. Ved hjelp av anordningen frembringes et forsterkningsord som utnyttes i en behandlingsprosess hvor et digitalt audiosignalsampel komprimeres for å overføres sammen med forsterkningsordet til en dekode, i hvilken det komprimerte digitalsignalsampel og forsterkningsordet behandles i samsvar med en annen behandlingprosess for å frembringe et reproduisert digitalt audiosignalsampel. Den beskrevne anordning omfatter utstyr (26) for å kode hver bit av det beregnede forsterkningsord som skal overføres, ved å gjenta hver bit fem ganger, og utstyr (31) for å dekode hver bit av det kodede forsterkningsord ved behandling av de fem gjentatte bit ut fra majoritetsvotering. Derved korrigeres enhver enkeltstående eller dobbelt feil ved overføringen av hver bit av forsterkningsordet i samsvar med nevnte majoritetsvotering.



Foreliggende oppfinnelse gjelder audiosignalbehandling i sin alminnelighet og er særlig rettet på forbedret komprimering av digitale audiosignaler.

- Digitale audiosignaler komprimeres for å spare båndbredde ved signaloverføring. Et tidligere kjent system som utnyttes for komprimering av digitale audiosignaler for signaloverføring sammen med fjernsynssignaler i deres horisontale slukningsintervall, er beskrevet i US-patent nr. 4 608 456. I senderen for det system som er beskrevet i dette patent omformes et analogt audiosignal til digitale audiosignal-punktprøver. Hver digitale audiosignal-punktprøve komprimeres til en kombinasjon av et forsterkningsord (som i patentet betegnes "eksponent"), flere størrelsesbiter (som betegnes "mantisse") og en fortegnbitsbit. Under komprimeringsprosessen posisjonsforskyves de mest signifikante biter av den digitale audiosignal-punktprøve i samsvar med verdien av forsterkningsordet, og de øvrige biter kuttes vekk. Den komprimerte digitale audiosignal-punktprøve kodes for fremoverrettet feilkorreksjon av en Hamming-kodegenerator som frembringer kodebiter for påvisning og korreksjon av enkeltbitfeil i en kombinasjon av fortegnsbitten, forsterkningsordet og størrelsesbitene, og feilkorrigeres ytterligere i retning fremover av en paritetsbit-generator som frembringer en paritetsbit for påvisning av dobbeltbitfeil i en kombinasjon av de mest signifikante størrelsesbiter og/eller nevnte paritetsbit. I mottageren korrigeres de påviste enkeltbitsfeil i de overførte feilkodede og komprimerte digitale audiosignal-punktprøver, mens de påviste dobbeltbitfeil skjules ved å gjenta den sist mottatte korrekte eller korrigerte punktprøve. De mottatte komprimerte punktprøver ekspanderes i mottageren ved en prosess som går ut på å posisjonsforskyve de mottatte størrelsesbiter i samsvar med verdien av forsterkningsordet og ved å legge til biter av en nominell verdi i de ufylte bitposisjoner som foreligger etter en sådan forskyvning, for derved å gjenskape de digitale audiosignal-punktprøver. De gjenopprettede digitale audiosignal-punktprøver omformes til et gjenskapt analogt audiosignal. Ved bortkuttingen og bit-tillegget i henholdsvis kompresjons- og ekspansjonsprosessen vil imidlertid uunngåelig feil bli innført i de gjenopprettede digitale audiosignal-punktprøver.
- Det er derfor et formål for foreliggende oppfinnelse å frembringe en forbedret anordning for behandling av digitale audiosignal-punktprøver med det formål å korrigere feil som har kommet inn ved kompresjons- og ekspansjonsprosessen. Disse feil beregnes før punktprøvene komprimeres.
- Oppfinnelsen gjelder således en anordning for behandling av audiosignaler, og som omfatter:

- utstyr for å frembringe et forsterkningsord for en første digital audiosignal-punktprøve,
 - utstyr for å behandle den første digitale audiosignal-punktprøve med nevnte forsterkningsord i samsvar med en første forutbestemt behandlingsprosess for å komprimere den første digitale audiosignal-punktprøve for overføring til en dekode sammen med
5 forsterkningsordet, og
 - utstyr i nevnte dekode for å behandle forsterkningsordet og den komprimerte digitale audiosignal-punktprøve i samsvar med en andre forutbestemt behandlingprosess for å frembringe en reprodusert digital audiosignal-punktprøve.
- 10 På denne bakgrunn av prinsipielt kjent teknikk har så anordningen i henhold til oppfinnelsen som særtrekk at den videre omfatter:
- utstyr for å kode hver bit av det beregnede forsterkningsord for nevnte overføring ved å gjenta hver bit fem ganger, og
 - utstyr for å dekode hver bit av det kodede forsterkningsord ved behandling av de fem
15 gjentatte biter ut fra en majoritetsvotering og derved korrigere enhver enkeltstående eller dobbelt feil ved overføringen av hver bit av forsterkningsordet i samsvar med nevnte majoritetsvotering.

Fortrinnsvis omfatter en anordning i henhold til oppfinnelsen også utstyr for fremoverrettet feilkorreksjonskoding av bare de mest signifikante biter av den komprimerte første digitale audiosignal-punktprøve for overføring, med det formål å tillate korrigering av enkeltbitsfeil i overføringen av de kodede punktprøvebiter og påvise dobbeltbitsfeil i overføringen av de kodede punktprøvebiter. Samtidig kan anordningen omfatte utstyr i dekodere for å påvise og korrigere enkeltbitsfeil i de kodede biter av den komprimerte digitale audiosignal-punktprøve og for å påvise og tildekke dobbeltbitsfeil i de kodede biter av den komprimerte digitale audiosignal-punktprøve.
25

I en foretrukket utførelse av oppfinnelsen utgjøres det beregnede forsterkningsord av et tre-biters dataord, hvilket gir åtte mulige områder av størrelsesverdier representert ved
30 kombinasjonen av forsterkningsordet og de komprimerte digitale audiosignal-punktprøver.

Uttrykket "overføring" innebærer signaloverføring til en mottager og/eller lagring og gjenvinning.

Ytterligere trekk ved foreliggende oppfinnelse vil nå bli omtalt i forbindelse med en beskrivelse av foretrukne utførelseseksempler og under henvisning til de vedføyde tegninger, på hvilke:

- Fig. 1 er et blokkskjema av en første del av en foretrukket utførelse av en audiosignal-
 5 behandelende anordning i henhold til foreliggende oppfinnelse, og som er anbragt i en signalkode-innretning,
 fig. 2 er et blokkskjema av en andre del av den foretrukne utførelse av den audio-signalbehandlende anordning i henhold til foreliggende oppfinnelse, og som er anbragt i en signaldekode, og
 10 fig. 3 viser det format som de fremoverrettet feilkorrigerende punktprøver overføres i.

I fig. 1 er det vist en foretrukket utførelse av foreliggende oppfinnelse, hvor den del av den audiosignalbehandlende anordning som befinner seg i signalkode-innretningen omfatter følgende komponenter for hver audiokanal, nemlig en forbedningsenhet 10, en
 15 begrenser 11, et 15 kHz-lavpassfilter 12, en analog/digital-omformer (A/D) 13, en første addisjonsenhet 14, en forsinkelsesenhet 15, en toppdetektorenhet 16, en forsterkningsberegne-
 beregnende enhet 17, en utgangsberegne, enhet 18, en første subtraksjonsenhet 19, en komprimeringsenhet 20, en lesehukommelse (ROM) 21, en andre subtraksjonsenhet
 22, en multiplikator 23, et filter med endelig pulsreaksjon (FIR – Finite Impulse Respon-
 20 se) 24 og en andre addisjonsenhet 25. Koderdelen av systemet omfatter videre en (5,1) fremoverrettet feilkorreksjonsinnkoder 26, en (13,8) fremoverrettet feilkorreksjonsblokk-
 innkoder 27 og en formatenhet 28 for innfelling og parallell/seriell omforming.

I fig. 2 er det vist at den del av den audiosignalbehandlende anordning som befinner seg
 25 i dekoderen omfatter en formatenhet 30 for banesking og seriell/parallell omforming, en (5,1) fremoverrettet feilkorreksjonsdekoder 31, en (13,8) fremoverrettet feilkorreksjons-
 blokk-dekoder 32 og en ekspansjonsenhet 33. Dekoderdelen omfatter videre to audio-
 kanaler, som hver omfatter en digital/analog-omformer (DAC) 34, et lavpasfilter 35, en
 avbetoningsenhet 36 og en audioforsterker 37.

30

Det henvises igjen til fig. 1, hvor et analogt audiosignal på ledning 39 forbednes av forbedningsenheten 10, klippes av begrenseren 11 og filtreres av lavpasfilteret 12 før det avgis på ledning 40 til A/D-omformer 13. Denne omformer 13 tar punktprøver av det analoge signal i en punktprøvetakt (sampling rate) på F_s i samsvar med frekvensen
 35 av et klokkesignal på ledning 41, for derved å frembringe digitale audiosignal-punktprøver på femten parallelle ledningslinjer 42.

Hver digital audiosignal-punktprøve utgjøres av et binært signal bestående av 15 biter som omfatter en fortegnsbiter A og 14 størrelsesbiter B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N og O angitt i avtagende signifikans-rekkefølge. Fortegnshiten separeres fra punktprøven og overføres på ledning 43 til forsinkelsesenheten 15.

5

Det angitt system i fig. 1 og 2 er innrettet for å kommandere de digitale audiosignal-punktprøver i samsvar med en utgangsstruktur som følger en μ -lov. Således adderes en binær bit av verdi 64 til de fjorten størrelsesbiter ved hjelp av addisjonsenheten 14 for på ledning 44 å avgi størrelsesbiter for komprimering. Enhver overstrømning som skriver seg fra en slik addisjon blir undertrykket. Når det anvendes en utgangsstruktur i samsvar med en A-lov, er det imidlertid intet behov for å addere en tilleggsværdi til punktprøven, og adderingsenheten 14 inngår da heller ikke i dette tilfelle.

Et eneste forsterkningsord beregnes for en blokk på sytti punktprøver. Forsterkningsordet beregnes og avgis av enheten 17 for forsterkningsberegning på ledning 45, som reaksjon på en påvisning i toppdetektorenheten 16 av den største digitale audiosignalstyrke innenfor blokken på sytti punktprøver. Forsterkningsordet beregnes for punktprøveblokken i samsvar med posisjonen av den mest signifikante enerbit innenfor de punktprøver som har toppstørrelse. Forsterkningsordet er et tre-biters ord med en binær verdi på 7 (111) når den mest signifikante bit B er en enerbit. Binærverdien for det beregnede forsterkningsord avtar fra verdien 7 med en enhetsverdi for hver bitposisjon som den mest signifikante enerbit i den påviste toppstørrelsespunktprøve, er mindre enn den mest signifikante bitposisjon B. Bruk av et tre-biters forsterkningsord gir således åtte mulig størrelsesområder som kan representeres ved kombinasjonen av forsterkningsordet og de komprimerte størrelsesbiter for de digitale audiosignal-punktprøver.

Den blokk-kompanderende prosess som er beskrevet her sparer nesten 2 biter pr. punktprøve sammenlignet med systemer med øyeblikkelig kompandering, men gjengir likevel toppsignalene med samme nøyaktighet.

Forsinkelsesenheten 15 forsinker den foreliggende fortegnsbiter på ledningen 43 og de tilsvarende størrelsesbiter på ledningene 44 med varigheten av blokken på sytti punktprøver mens punktprøvenes toppstørrelsesverdi påvises og forsterkningsordet beregnes. Forsinkede fortegnsbiter avgis på ledning 46 og de fjorten forsinkede størrelsesbiter av den digitale audiosignal-punktprøve avgis på ledningene 47.

Den andre addisjonsenhet 25 adderer et filtrert avvikssignal på ledning 49 til størrelsesbitene på ledningene 47 for å korrigere de foreliggende størrelsesbiter av den digitale audiosignal-punktprøve og derved avgi en korrigert punktprøve av størrelsesbiter på ledning 50. Frembringelsen av avvikssignalet på ledningen 49 vil bli beskrevet nedenfor.

5

Utgangsberegningsenheten 18 behandler hver punktprøve av størrelsesbitene på ledningene 50 med forsterkningsordet på ledningene 45 for den blokk som omfatter vedkommende punktprøve, i samsvar med komprimeringsprosessen i komprimeringsenheten 20 og ekspansjonsprosessen i ekspansjonsenheten 33, for å beregne virkningen av sådanne kompresjons- og ekspansjonsprosesser på nøyaktigheten av det gjengitte digitale audiosignal som avgis av ekspansjonsenheten 33 på ledning 51. Resultatet av sådanne kompresjons- og ekspansjonsprosesser er vist i tabell 1.

Tabell 1

MSB	Forsterkningsgrad	Komprimerte størrelsesbiter	Gjengitte størrelsesbiter
B	111	BCDEFGH	0CDEFGHI 100000
C	110	CDEFGHI	0CDEFGHI 100000
D	101	DEFGHIJ	00DEFGHIJ 10000
E	100	EFGHIJK	000EFGHIJK 1000
F	011	FGHIJKL	0000FGHIJKL 100
G	010	GHIJKLM	00000GHIJKLM 10
H	001	HIJKLMN	000000HIJKLMN 1
I - O	000	IJKLMNOP	0000000IJKLMNOP

Tabell 1 viser sammenhengen mellom den mest signifikante bitposisjon som har en enerbit i det eller de påviste toppstørrelsespunktprøver, og det beregnede forsterkningsord og de komprimerte størrelsesbiter som frembringes i samsvar med den kompresjonsprosess som utføres av kompresjonsenheten 20. Størrelsesbitene i de gjenværende posisjoner av den binære digitale audiosignal-punktprøve på ledningene 50 kuttet bort.

30

Tabell 1 viser videre de tilsvarende binære verdier av de gjengitte digitale audiosignal-punktprøver som frembringes i samsvar med den ekspansjonsprosess som utføres av ekspansjonsenheten 33. Det skal her bemerkes at i ekspansjonsprosessen legges en enerbit som representerer halvparten av verdien av den minst signifikante størrelsesbit

av de komprimerte størrelsesbit, til disse komprimerte størrelsesbiter for å gi middelverdien av de størrelsesbiter som ble kuttet bort under kompresjonsprosessen.

Utgangsberegningsenheten 18 avgir beregnede komprimerte størrelsesbiter for hver punktprøve på ledningene 53 til hukommelsen (ROM) 21. Hukommelsen 21 lagrer permanent alle de forskjellige kombinasjoner av de fjorten beregnede og gjengitte størrelsesbiter som tilsvarer hver mulig kombinasjon av beregnede komprimerte størrelsesbiter, og reagerer på de beregnede komprimerte størrelsesbiter på ledningene 53 ved å avgjøre de fjorten kalkuleerte gjengitte størrelsesbiter for den nettopp behandlede punktprøve over ledningene 54 til den andre subtraksjonsenhet 22.

Denne subtraksjonsenhet trekker de beregnede komprimerte størrelsesbiter på ledningene 54 fra de foreliggende størrelsesbiter av den digitale audiosignal-punktprøve på ledningene 50, for derved å frembringe et utgangsavvikssignal for anordningen på ledningene 55.

Multiplikatorenheten 23 multipliserer avvikssignalet på ledningene 55 med den foreliggende fortegnssbit på ledning 46 for derved å frembringe på ledningene 56 et avvikssignal som filtreres av FIR-filteet 24.

FIR-filteet 24 filtrerer avvikssignalet på ledningene 56 for å frembringe det filtrerte avvikssignal på ledning 49 som adderes av den andre addisjonsenhet 25, slik som beskrevet ovenfor. Addisjonsenheten 25 adderer det filtrerte avvikssignal på ledningene 49 til den neste frembragte digitale audiosignal-punktprøve på ledning 47. Avvikene fra de tidligere punktprøver samles således opp og et mindre utgangsavvik blir da mulig når systemets utgangsbåndbredde er mindre enn punktprøvetakten på $F_s/2$.

FIR-filteet 24 behandler avvikssignalet på ledningene 56 ved støyspektralfiltrering for derved å redusere hørbare avkutningsfeil og/eller avkutningsfeil med hensyn til kvadratisk middelverdi (rms) når det filtrerte avvikssignal adderes til den nærmest påfølgende digitale audiosignal-punktprøve på ledningene 47. Filtreringsegenskapene fastlegges av de valgte koeffisienter for FIR-filteet 24.

Dette støyformende trekk tillater systemkonstruktøren å forandre spektralinnholdet av kvantiseringsstøy som frembringes av kompresjonsenheten 20. Forbetoning og avbetoning anvendes vanligvis for å gi et audiosystems støyspektraldensitet en ønsket

kontur, for derved å forbedre oppfatningskvaliteten. Det er alltid blitt klaget over tap av høyderom pga. forbedning (klipping vil finne sted ved lavere nivåer for høye frekvenser enn for lavere frekvenser). Bruk av støyforming for å gi systemets støy passende kontur frembringer ingen sådan forskjell i klippenivå med frekvensen. Forbedning og avbetoning bibeholdes likevel i den foretrukne utførelse fordi de subjektive virkninger av bitfeil reduseres vesentlig ved avbetoningen. Forbetoningsenheten 10 konturerer følgelig spektraldensiteten for det analoge inngangsaudiosignal på ledning 39, og avbetoningsenheten 36 (fig. 2) avbetoner det gjengitte analoge audiosignal på ledning 48 for derved å konturere spektraldensiteten av kvantiseringsstøyen i det gjengitte analoge audio-

5
10

signal. En slik konturering reduserer den hørbare virkning av eventuelle bitfeil i de reproduserte digitale audiosignal-punktprøver.

Støyforming er en fremgangsmåte som vanligvis anvendes for å redusere antall inngangs- eller utgangstilstander som kreves i en D/A- eller A/D-prosess som drives ved flere ganger den påkrevde Nyquist-punktprøvetakt. I anordningen i henhold til foreliggende oppfinnelse utnyttes den støyformende prosess på lett overpunktprøvede (oversampled) systemer (10 - 20 %). Med dette trekk foreligger det muligheter for vesentlige forbedringer i forholdet mellom signal og kvantiseringsstøy ved kraftige signaler. Hvis f.eks. feilen i den kvadratiske middelvei (rms error) innenfor en båndbredde på 20 kHz måles med en punktprøvefrekvens på 44 kHz, mens utgangsbåndbredden er lik 18,7 kHz og forbedning samt avbetoning anvendes (med tidskonstanter på 50 / 15 μ s), vil forbedringen være 3,1 dB. Det vil være mulig å oppnå store subjektive forbedringer ved å velge forskjellige kriterier for koeffisientene for FIR-filteret 24. Ved å inngå et kompromiss med hensyn til forbedring av den kvadratiske middelvei oppnådd innenfor en båndbredde på 20 kHz med 0,1 dB, kan forholdet mellom oppfattet signal og kvantiseringsstøy forbedres med 6,0 dB. Dette tilsvarer en bit i ytterligere nøyaktighet, eller omvendt tillater dette ytterligere en bits kompresjon ved samme gjengivelseskvalitet.

15
20
25

En annen fordel som oppnås ved hjelp av dette trekk er hovedsakelig en subjektiv fordel. Korrelerte feilkomponenter kan opptre på signaler med lav flankehelning (lav frekvens) når det er utilstrekkelig dirring. Korrelasjonen med inntilliggende punktprøver fører til uharmoniske toner av varierende frekvens. Dette er særlig alvorlig ved lavfrekvente signaler (20 - 100 Hz) da de uharmoniske tonekomponenter opptrer omkring 1 kHz, hvor det menneskelige øre er mest følsomt. Dette er bedre hørbart og mer forstyrrende enn tilsvarende hvit støy lagt til signalet, hvilket er resultatet når det ikke foreligger noen korrelasjon mellom nærliggende punktprøver. Tilbakekoblingsstrukturen av FIR-filteret

30
35

24 bryter opp korrelerte signalkomponenter ved effektivt å eksitere de innkommende audiopunktprøver med tilformet kvantiseringsstøy.

Utgangsberegningsenheten 18 avgir på ledning 57 en avviksverdi som har sammenheng med virkningen av å anvende ett eneste forsterkningsord for en blokk av punktprøver ved kommandering av de enkelte punktprøver i blokken. Som angitt ovenfor, legges ved ekspansjonsprosessen en enerbit som representerer halvparten av verdien av den minst signifikante størrelsesbit av de komprimerte størrelsesbit, til disse komprimerte biter for å representere middelveiden av de størrelsesbiter som ble kuttet bort ved kompresjonsprosessen. Alt etter hvilken grad blokkens forsterkningsord er egnet for de enkelte punktprøver, kan virkningen av å legge til denne spesielle enerbit være ganske betydningsfull. Hvis for eksempel blokkens forsterkningsord er 111 og den mest signifikante enerbit i vedkommende punktprøve befinner seg i bitposisjon J, vil virkningen av å legge til denne spesielle enerbit ved ekspansjonen være den samme som å addere binærverdien 64 til denne punktprøve. Tilsvarende dette eksempel avgir da utgangsberegningsenheten på ledningslinjene 57 en avviksverdi med en binærverdi på 64. Tabell 2 viser de beregnede feil- eller avviksverdier for forskjellige forsterkningsord i sammenheng med bitposisjonen (MSB) for den mest signifikante enerbit i den enkelte digitale audiosignal-punktprøve.

Tabell 2

AVVIKSVERDIER								
MSB-posisjon / Forsterkningsord	B	C	D	E	F	G	H	J
111	0	1	2	4	8	16	32	64
110	0	0	1	2	4	8	16	32
101	0	0	0	1	2	4	8	16
100	0	0	0	0	1	2	4	8
011	0	0	0	0	0	1	2	4
010	0	0	0	0	0	0	1	2
001	0	0	0	0	0	0	0	1
000	0	0	0	0	0	0	0	0

Substraksjonsenheten 19 subtraherer avviksverdien på ledningene 57 fra størrelsesbitene på ledning 50 for på ledning 58 å frembringe en korrigert digital audiosignal-punkt-

prøve som komprimeres i komprimeringsenheten 20. Denne komprimeringsenhet 20 avgir da syv komprimerte størrelsesbiter på ledningene 60.

Det digitale signal er fremoverrettet feilkorreksjonskodet for overføring. Vedkommende
 5 fortegnsbiter på ledning 46 og de tre mest signifikante størrelsesbiter på ledningslinjene 60
 avgis til (13,8)-blokk-koderen 27 sammen med tilsvarende fortegnsbiter og størrelsesbiter på
 ledningene 61 og 62 fra en parret audiokanal. (13,8)-blokk-koderen 27 frembringer fem
 paritetsbiter for de åtte fortegnsbiter og størrelsesbiter som tilføres innkoderen og avgir de
 fem paritetsbiter sammen med disse åtte fortegnsbiter og størrelsesbiter på tretten ledninger
 10 63 til omformingsenheten 28 for innfelling og parallell/seriell omforming.

Denne (13,8)-blokk-koder kodebehandler disse åtte fortegnsbiter og størrelsesbiter for å
 tillate påvisning og korreksjon av enkeltbitsfeil ved overføring av disse åtte biter og også
 for å muliggjøre påvisning av dobbeltbitsfeil i vedkommende bit. En passe omfattende
 15 undersøkelse ble utført for å velge den kode som iverksettes av (13,8)-koderen og det
 foreligger en stor gruppe koder med stort sett samme avstandsprofiler. Syklisk kode-
 avledning ble valgt forbi den er lett å realisere, ved at den tillater en område-effektiv
 kodeopprettelse. Den valgte kodegeneratormatrise er vist i tabell 3. Grunnlaget for å
 angi en sådan matrise er beskrevet i "*Information Theory and Reliable Communication*"
 20 av R. G. Gallager (1968).

Tabell 3

		:	1	0	1	0	1
		:	1	1	1	1	1
25		:	1	1	0	1	0
	I	:	0	1	1	0	1
		:	1	0	0	1	1
		:	1	1	1	0	0
		:	0	1	1	1	0
30		:	0	0	1	1	1

I = 8 × 8 identitetsmatrise

Feilreguleringen er like effektiv, men mer virkningsfull enn med tidligere kjent teknikk.
 35 Det system som er beskrevet i det ovenfor nevnte US-patent nr. 4 608 456 gir enkelbits
 feilkorreksjon samt dobbeltbits feilkorreksjon og tildekning, men krever 4 biter pr. punkt-
 prøve for å oppnå dette. Antall frembragte holdepunkter varierer omtrent som to ganger
 kanalens sannsynlige bitfeilhyppighet (P_E). European Broadcasting Union har beskrevet
 et system som gir dobbeltbits feilpåvisning samt enkelbits feilrettelse ved 5 biter pr.

- punktprøve og en holdetakt på $78 P_E^2$, hvilket er bedre enn det som er angitt i systemet beskrevet i det ovenfor nevnte patent ved bittakter mindre enn $2,6 \times 10^{-2}$, hvor begge systemer arbeider. ("Specification of the System of the MAC/Package Family", Tech. 3258-E, European Broadcasting Union, Oktober 1986, Technical Center, Brussel, Belgia).
- 5 Den feilregulering som er beskrevet der opptar 2,5 biter pr. audiopunktprøve, og har den samme holdetakt på $78 P_E^2$. Tidligere kjent teknikk har stort sett samme tilsvarende feilregulering når det gjelder funksjonsevne, men foreliggende anordnings effektivitet er bedre med 1,5 - 2,5 biter pr. punktprøve.
- 10 Som helhet er kompresjonsalgoritmen 2 biter pr. punktprøve bedre enn ved tidligere kjent teknikk. Den støyformende kompresjonsprosess i henhold til foreliggende oppfinnelse kan i drift samordnes med digital/analog-omformere (DAC) i henhold til μ -lov eller A-lov og sparer en bit pr. punktprøve. Feilreguleringen tilsvarende tidligere kjent teknikk med en besparelse på 1,5 - 2,5 biter pr. punktprøve. Det totale resultat er en
- 15 innsparing på 4,5 - 5 biter pr. punktprøve med tilsvarende kvalitet. I tillegg er granuleringen av signaler med lav flankehelning minsket.

- Forsterkningsordet på ledningene 45 avgis til (5,1)-koderen 26 sammen med et forsterkningsord på ledningene 64 for den parrede audiokanal, som vedkommende fortegnsbiter
- 20 på ledning 61 og de syv størrelsesbiter på ledningene 62 er utledet fra. Denne koder frembringer hver av de seks forsterkningsordbiter fem ganger på ledning 65 til omformeringsenheten 28 for innfelling og parallell/seriell omforming. Forsterkningsordene blir derved kodet for fremoverrettet feilkorreksjon for å muliggjøre påvisning og korreksjon av både enkeltstående og dobbelte feil ved overføring av en hvilken som helst bit i et
- 25 forsterkningsord ved databehandling i samsvar med majoritetsvotering av de fem gjentatte biter.

- De fire minst signifikante biter av de komprimerte størrelsesbiter som avgis til hver av ledningene 60 og 62, overføres direkte til omformerensheten 28 for innfelling og parallell/seriell omforming uten noen som helst fremoverrettet feilkorrigerende koding.
- 30

- Omformerensheten 28 for innfelling og parallell/seriell omforming feller inn fortegnsbiterne, størrelsesbiterne og paritetsbiterne i samsvar med det forsinkelsesmønster som er angitt i tabell 4, for derved å opprette en Hamming-avstand på ti mellom kodete biter i en og
- 35 samme punktprøve. Støypulser av varighet opp til ti punktprøver kan håndteres.

Innfellingen av de ukodede, minst signifikante størrelsesbiter minsker den kvadratisk middelvei av støyenergien (rms noise energy).

Tabell 4

5	Posisjons- rekkefølge i kanal	Bit-type	Utfellings- forsinkelse	Innfellings- forsinkelse
	1	Fortegnsbit, venstre	0	5
	2	Fortegnsbit, høyre	1	4
10	3	(MS) størrelsesbit, venstre	2	3
	4	(MS) størrelsesbit, høyre	3	2
	5	Størrelsesbit, venstre	4	1
	6	Størrelsesbit, høyre	5	0
	7	(LS) størrelsesbit 0, venstre	1	4
15	8	(MS) størrelsesbit 0, høyre	2	3
	9	Størrelsesbit 1, venstre	3	2
	10	Størrelsesbit 1, høyre	4	1
	11	Størrelsesbit 4, venstre	0	5
	12	Størrelsesbit 4, høyre	1	4
20	13	Paritetsbit 4	2	3
	14	Paritetsbit 3	3	2
	15	Paritetsbit 2	4	1
	16	Paritetsbit 1	5	0
	17	Størrelsesbit 2, venstre	1	4
25	18	Størrelsesbit 2, høyre	2	3
	19	Størrelsesbit 3, venstre	3	2
	20	Størrelsesbit 3, høyre	4	1
	21	Paritetsbit 0	0	5

30 I tabell 4 er betegnelsene "venstre" og "høyre" benyttet for å angi to forskjellige audio-kanaler, mens uttrykkene "MS" og "LS" henviser henholdsvis til det mest (most) og det minst (least) signifikante bit.

Et forsterkningsord overføres for hver førtiniende innfelte punktprøvebit, og det er således ikke nødvendig også å innfelle vedkommende forsterkningsordbiter.

I en foretrukket utførelse, hvor de komprimerte og kodede biter overføres i det horisontale slukningsintervall (HBI) av et fjernsynssignal, frembringer omformerenheten 28 for innfelling og parallell/seriell omforming vedkommende biter i den orden som er vist i fig. 3 for hver sekvens på tre videolinjer. I fig. 3 angir "S-1" sett nr. 1 i en sekvens, mens tallet i parentes angir antallet biter fra vedkommende sett. "GW" (Gain Word) angir en forsterkningsordbit og "CB" (Colour Burst) angir den videofargeskur som typisk sendes i det horisontale slukningsintervall (HBI). Syv fullstendige sett overføres i løpet av de tre videolinjer. En blokk på sytti kodede, komprimerte digitale audiosignal-punktprøver for et par audiokanaler kan således overføres i løpet av tretti videolinjer. I dette 30-linjers tidsintervall overføres således tretti forsterkningsordbiter, hvilket gir mulighet for fem gjentakelser av hver av de tre forsterkningsordbiter for hver av de to audiokanaler.

15

I den viste dekode i fig. 2 utfører omformerenheten 30 for utfelling og seriell/parallell omforming de overførte kodede og komprimerte punktprøvebiter og avgir de utfelte biter parallelt på ledningene 67, idet åtte kodede biter overføres til (13,8)-FEC-blokkdekoderen 32. Omformerenheten for utfelling og seriell/parallell omforming frembringer også de gjentatte forsterkningsordbiter på ledning 68 til (5,1)-majoritetsdekoderen 31. Utfellingsforsinkelsene er angitt i tabell 4 ovenfor.

(13,8)-blokkdekoderen 32 påviser og korrigerer alle enkelbitsfeil i et sett bestående av åtte kodede biter, og påviser og skjuler eventuelle dobbeltbitfeil i vedkommende sett på 25 åtte kodede bit. Den skjulende tildekning oppnås ved å gjenta de siste korrekte eller korrigerede parrede punktprøver i stedet for de punktprøver hvor de påviste dobbeltbitsfeil opptrer. (13,8)-blokkdekoderen 32 avgir de åtte dekoderte fortegns- og størrelsesbiter over ledningene 69 til ekspansjonsenheten 33.

(5,1)-majoritetsdekoderen 31 påviser og korrigerer alle enkelbits eller dobbeltbits feil ved majoritetsvotering av de fem gjentatte biter for hver bit av forsterkningsordet, og avgir tre forsterkningsordbiter for hver av de to audiokanaler parallelt over ledning 70 til ekspansjonsenheten 33.

35 Den minst signifikante av de komprimerte størrelsesbiter blir ikke kodet for overføring til dekoderen (fig. 2), slik at de avgis direkte til ekspansjonsenheten 33 over ledningene 71.

Ekspansjonsenheten 33 skiller forsterkningsordene fra fortegns- og størrelsesbitene for de enkelte audiokanaler og databehandler forsterkningsordet, fortegnsbiten og størrelsesbitene for en individuell punktprøve fra en av kanalene, for derved å frembringe gjengitte digitale audiosignal-punktprøver for hver av audiokanalene på separate 15-biters ledningssett, henholdsvis 51 og 52. Sammensetningen av de gjengitte digitale audiosignal-punktprøver som frembringes av ekspansjonsenheten 33 er angitt i tabell 1 ovenfor. Når en kompanderingsprosess i henhold til μ -loven anvendes, trekkes den binære verdi 64 fra den binære signalverdi av den gjengitte digitale audiosignal-punktprøve ved hjelp av ekspansjonsenheten, før de gjengitte digitale audiosignal-punktprøver avgis over linjene 51 og 52 for omforming til analoge audiosignaler ved hjelp av digital/analog-omformerne (DAC) 34.

I hver av audioutgangskanalene omformer DAC 34 de gjengitte digitale audiosignal-punktprøver på ledningene 51 til et analogt audiosignal på ledning 74. Alternativt kan en kompanderende DAC anvendes. En kompanderende DAC kombinerer ekspansjonsfunksjonen og omformerfunksjonen fra digital til analog. Kompanderende DAC-enheter for å oppnå ekspansjon i samsvar med enten μ -loven eller A-loven, er kjent for fagfolk på området digital signalkompandering. Sådanne kompanderende DAC'er er lett tilgjengelig og deres anvendelse fører til besparelser i produksjonsomkostningene.

PATENTKRAV

1. Anordning for behandling av audiosignaler og som omfatter:

- utstyr (17) for å frembringe et forsterkningsord for et første digital audiosignal-punktprøve,
 - utstyr (20) for å behandle den første digitale audiosignal-punktprøve med forsterkningsordet i samsvar med en første forutbestemt behandlingsprosess for å komprimere den første digitale audiosignal-punktprøve for overføring til en dekode
 - utstyr (33) i nevnte dekode for å behandle forsterkningsordet og den komprimerte digitale audiosignal-punktprøve i samsvar med en andre forutbestemt behandlingsprosess for å frembringe en reprodusert digital audiosignal-punktprøve,
- karakterisert ved at anordningen videre omfatter:
- utstyr (26) for å kode hver bit av det beregnede forsterkningsord for nevnte overføring
 - utstyr (31) for å dekode hver bit av det kodede forsterkningsord ved behandling av de fem gjentatte biter ut fra en majoritetsvotering og derved korrigere enhver enkeltstående eller dobbelt feil ved overføringen av hver bit av forsterkningsordet i samsvar med nevnte majoritetsvotering.

20

2. Anordning som angitt i krav 1, og som videre omfatter utstyr (27) for fremoverrettet feilkorreksjonskoding av bare de mest signifikante biter av den komprimerte første digitale audiosignal-punktprøve for overføring, med det formål å tillate korrigering av enkeltbitsfeil i nevnte overføring av de kodede punktprøvebiter og påvise dobbeltbitsfeil i overføringen av de kodede punktprøvebiter.

25

3. Anordning som angitt i krav 2, og som videre omfatter utstyr (32) i nevnte dekode for å påvise og korrigere enkeltbitsfeil i de kodede biter av den komprimerte digitale audiosignal-punktprøve og for å påvise og tildekke dobbeltbitsfeil i de kodede biter av den komprimerte digitale audiosignal-punktprøve.

30

4. Anordning som angitt i krav 1, og hvor det beregnede forsterkningsord er et tre-biters dataord for å frembringe åtte mulige områder av størrelsesverdier som representeres ved kombinasjonen av forsterkningsordet og de komprimerte digitale audiosignal-punktprøver.

35

FIG. 1

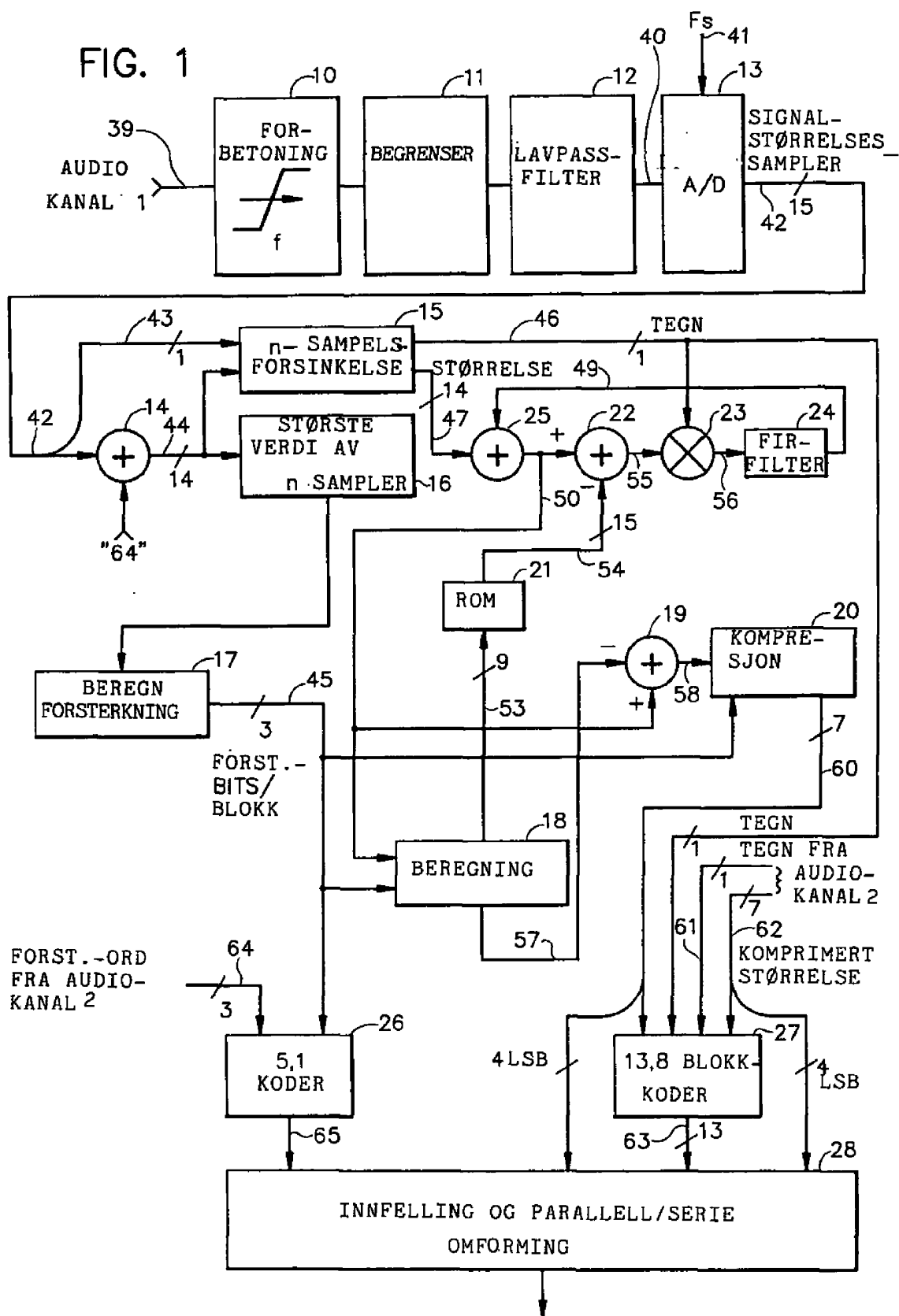


FIG. 2

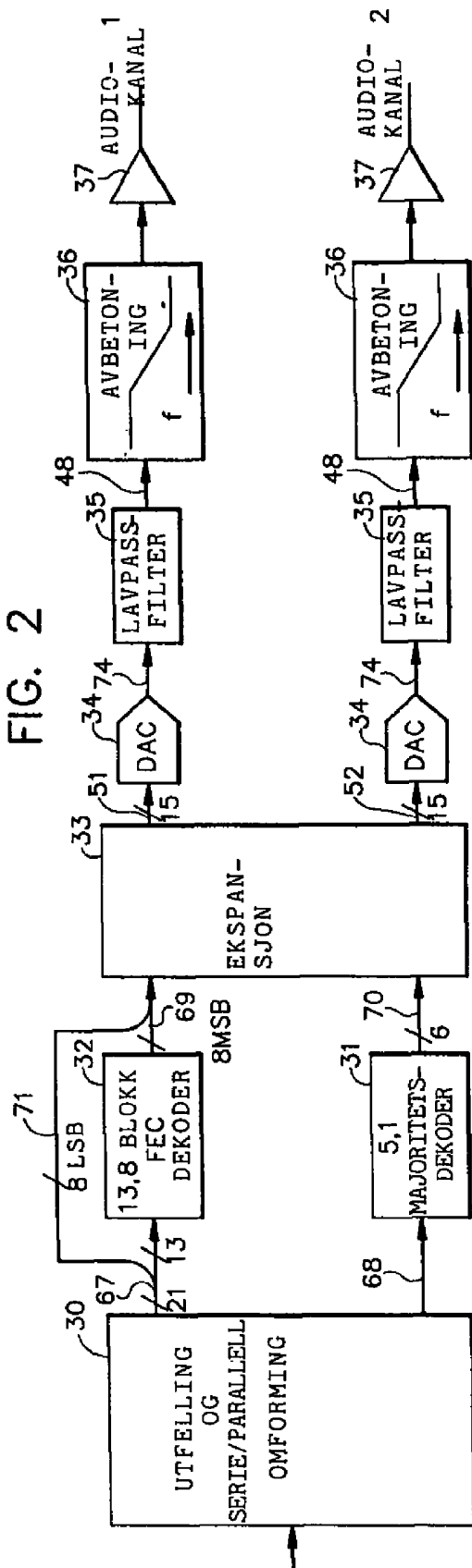


FIG. 3

