

Digitális zenemultiplex berendezés rádiórelé rendszerekhez

GERGELY LÁSZLÓ

Orion

Összefoglalás

A cikk digitális zenemultiplex berendezéssel foglalkozik, amely 6 mono illetve 3 sztereo zenecsatorna összefogását végzi 2 Mbit/s-os PCM jelsorrá. Ismertetésre kerül a keretszervezés, a 14/10 bites kompresszió valamint a tervezett berendezés felépítése és legfontosabb paraméterei.

Bevezetés

A digitális zenemultiplex berendezés feladata 6 mono-, illetve 3 sztereo zenecsatorna összefogása egy 2048 kbit/s-os digitális jelsorba, illetve a 2048 kbit/s-os jelsor szétválasztása analóg zenecsatornákká. Forgolomban vannak 5 monocatorna egyesítését végző zenemultiplexek, amelyek kevésbé gazdaságosak, de mivel azonos számú bittel kevesebb csatornát kell átvenni, ezért kedvezőbb átviteli tulajdonságúak.

A CCITT mindkét típust elfogadja, ezért a gazdasági és felhasználói szempontokat figyelembe véve a 6 csatornás változat mellett döntöttünk. [1]

A Postai hálózatfejlesztés során egyre nagyobb igény mutatkozik jó minőségű FM műsorok továbbítására. Ennek az egyik legjobb és leg gazdaságosabb formája a digitális átvitel. A multiplex által előállított szabványos 2 Mbit/s-os jelsor alkalmas vezeték és vezeték nélküli rendszerekhez való csatlakoztatásra. Lehetőség van nagyobb sebességű digitális jelfolyamokban való továbbításra is. A rendszer nagy rugalmasságot biztosít, mivel bármely csatorna leágaztatható és a helyére más műsor beiktatható. A hálózatok egyre inkább a digitalizálás felé haladnak, ezért sokszor igényként léphet fel a különböző helyekről származó digitális jelek összefogása, amely jól megvalósítható a pozitív-nulla-negatív kiigazítással. A zenemultiplex berendezéssel és egy MODEM segítségével lehetőség nyílik a TV illetve a 960 telefoncsatorna felett zenecsatorna átvitelére (DAV rendszer) a 9023 kHz-es pilot zavarása nélkül.

A CCITT J-21-es [3] ajánlás a zeneátviteli rendszerek műszaki paramétereit meghatározza, külön részletezve a digitális átvitelre vonatkozó előírásokat. A CCITT J.41 ajánlás 5. pontja [3] az analóg zenecsatorna digitális jellé való átalakítását szabályozza.



GERGELY LÁSZLÓ

1984-ben végezte a győri Közlékedési és Távközlési Műszaki Főiskola vezetéknélküli távközléstechnikai szakát. Azóta az ORION dolgozója. 1984-ben második díjat nyerte a Híradástechnikai Tudományos Egyesület szakdolgozat pályázatán. Az ORION mikrohullámú rendszertani osztályán jelenleg digitális berendezésekkel foglalkozik.

Analóg zenecsatorna 338 kbit/s-os jelfolyammá történő átalakítása [4].

Az analóg bemenetre a 40–15000 Hz-es zenesáv kerül. A mintavételi tételből következik, hogy 30 kHz a minimális mintavételi frekvencia. A gyakorlathoz 32 kHz-es mintavételi frekvenciát használnak.

Kompresszió

A változó meredekségű kompresszió folyamán a mintánkénti 14 bitet mintánkénti 10 bitre csökkentik bizonyos bitek elhagyásával, és néhány redundáns bit bevezetésével. Ezzel az információátviteli sebesség nagy mértékben csökkenthető. Az eljárás lényege az, hogy a 32 PAM mintából álló blokkot 5 különböző meredekségű kompressziós karakterisztika egyikével kódolja át. (1. ábra) Átkódolásnál a tartományt a 32 mintában szereplő legnagyobb szint szabja meg, és ebben a tartományban kell mind a 32 mintát átkódolni. A kompendálás ennél a pontnál elvileg hibát okozhat. A kompendálás kvázi pillanatnyi, ezért ha például a legnagyobb szint a 4-es tartományba esik és 32 minta közül valamelyik egy másik tartományba kerülne, akkor az ideális kompendálás helyett némileg torzított kompressziót hajtánánk végre. Ennek a megfontolásnak leginkább elvi jelentősége van, mivel a frekvencia és amplitudó határolás biztosítja, hogy 1 msec alatt (ennyi körülbelül a 32 minta ideje) ne legyen olyan nagy amplitudó változás, hogy több szegmensnyi ugrás következzen be.

Egy szegmensben belül lineáris kvantálást alkalmazunk, ami a 9 hasznos bitből adódóan 512 lépcsőnek felel meg. A kompendálás előtti 14 bitből a kompendálás után bizonyos bitek elmaradnak a tartománytól függően. Ez a tény szintén torzítást okoz, de ez az ára a bitebesség csökkentésének.

A tartományok kijelölését háromszor 32 mintánként 7 bittel visszük át.

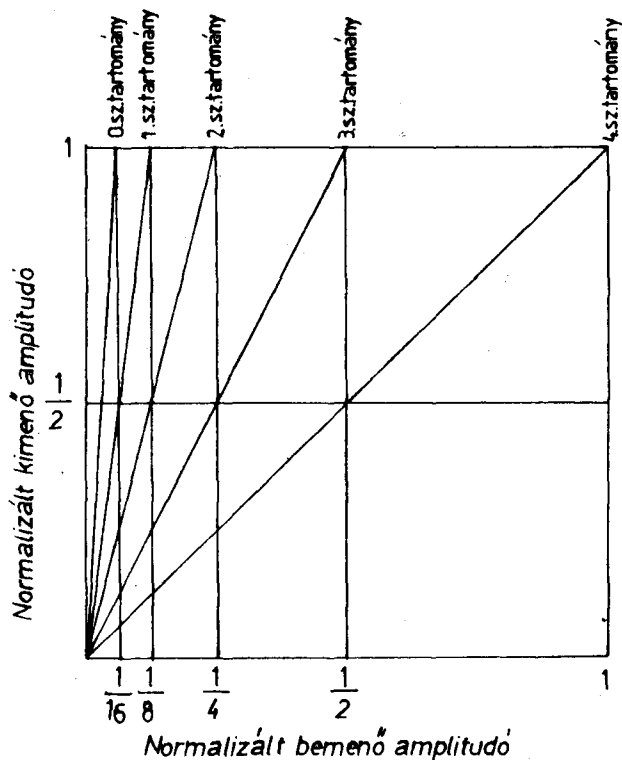
Minta a kompresszió előtt (14 bit):

S, B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B9, B10, B11, B12, B13

A különböző bemenő tartományokra vonatkozó kompresszió az alábbi

1–1/2 között: 4-es tartomány

S, B1=1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B9



H556-1

1. ábra: Változó meredekségű kompressziós karakterisztika

1/2 – 1/4 között: 3-as tartomány

S, B1=0, B2=1, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B9, B10

1/4 – 1/8 között: 2-es tartomány

S, B1=0, B2=0, B3=1, B4, B5, B6, B7, B8, B9, B10, B11

1/8 – 1/16 között: 1-es tartomány

S, B1=0, B2=0, B3=0, B4=1, B5, B6, B7, B8, B9, B10, B11, B12

1/16 – 0 között: 0-ás tartomány

S, B1=0, B2=0, B3=0, B4=0, B5=1, B6, B7, B8, B9, B10, B11, B12, B13

S: előjel bit

Pozitív esetben S=0; negatív esetben S=1

A zérus bitek inaktív bitek.

Átvitelre csak az előjelbit és a B/K/=1-gyel kezdődő és B/K+8/-al végződő 10 bitből álló kódszó kerül, a többi törlik.

4-es tartománynál K=1

3-as tartománynál K=2

2-es tartománynál K=3

1-es tartománynál K=4

0-ás tartománynál K=5

A kompresszió lényegét jobban megvilágítja a következő hasámban látható táblázat:

A táblázathoz némi magyarázat szükséges:

A kvantumlépcsőnél a két szám a lépcső aljának és a tetejének az értékét jelöli. Induljunk ki abból, hogy a 0. tartomány legkisebb lépcsője legyen 1 (az alsó szint 0, a felső 1). Mivel 9 hasznos bittel visszük át az információt, és a szegmenseken belül lineáris kvantálást alkalmazunk, ebből következik, hogy minden szegmens-

Tartomány	Normalizált analóg Bemenet	Normalizált analóg kimenet	Komprimált átvitt max. és min.kód
4.			
LNP	+8176...+8192	+8184	+511 (0111111111)
LKP	0...+16	+8	0 (0000000000)
LNN	-16...0	-8	-1 (1111111111)
LKN	-8192...-8176	-8184	-512 (1000000000)
3.			
LNP	+4088...+4096	+4092	+511 (0111111111)
LKP	0...+8	+4	0 (0000000000)
LNN	-8...0	-4	-1 (1111111111)
LKN	-4096...-4088	-4092	-512 (1000000000)
2.			
LNP	+2044...+2048	+2046	+511 (0111111111)
LKP	0...+4	+2	0 (0000000000)
LNN	-4...0	-2	-1 (1111111111)
LKN	-2048...-2044	-2046	-512 (1000000000)
1.			
LNP	+1022...+1024	+1023	+511 (0111111111)
LKP	0...+2	+1	0 (0000000000)
LNN	-2...0	-1	-1 (1111111111)
LKN	-1024...-1022	-1023	-512 (1000000000)
0.			
LNP	+511...+512	+511.5	+511 (0111111111)
LKP	0...+1	+0.5	0 (0000000000)
LNN	-1...0	-0.5	-1 (1111111111)
LKN	-512...-511	-511.5	-512 (1000000000)

Ahol:

LNP: legnagyobb pozitív kvantumlépcső

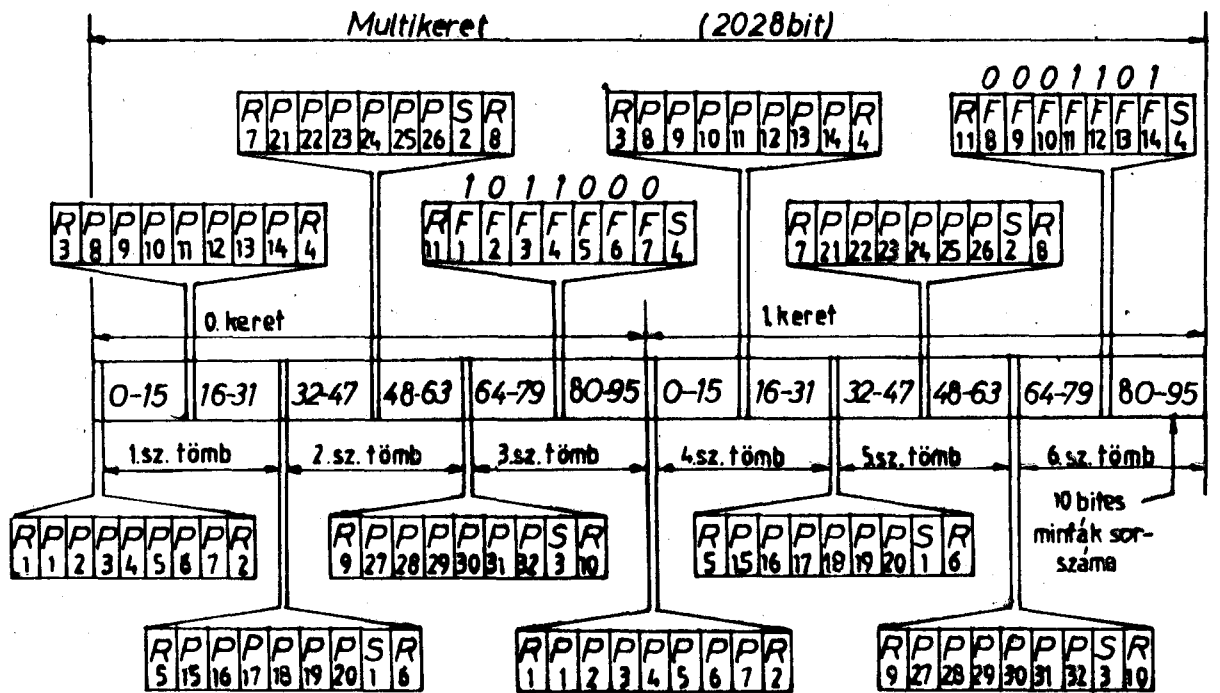
LKP: legkisebb pozitív kvantumlépcső

LNN: legnagyobb negatív kvantumlépcső

LKN: legkisebb negatív kvantumlépcső

ben 512 lépcső van, de szegmensként egy-egy lépcső nagysága a bemeneten más és más, ezt mutatja a normalizált analóg bemenet oszlop. Látszik, hogy a negyedik szegmenshez tartozik a legnagyobb szint, a harmadik ennek fele és így tovább. A normalizált analóg kimenet oszlop mutatja, hogy egy lépcső tartományát a lépcső középső szintje reprezentálja. A komprimált kód szemlélteti, hogy a 10 bites kódszó, ami a kompendálás végeredménye, nem határozza meg egyértelműen az analóg jelet, mert minden tartomány megfelelő kvantumlépcsője azonos kóddal írható le, ezért csak a szegmens bitekkel együtt egyértelmű a jel meghatározása.

A táblázat mutatja azt is, hogy nagy jelszint esetén a kvantumlépcső nagyobb, kisebb szintek esetén egy-egy lépcső kisebb bemenő szintet képvisel.



Tartományt ill. szegmenst kijelölő bit=R
 Keretszinkronkódzó=F

Paritásbit=P
 Jelzésbit=S

H556-2

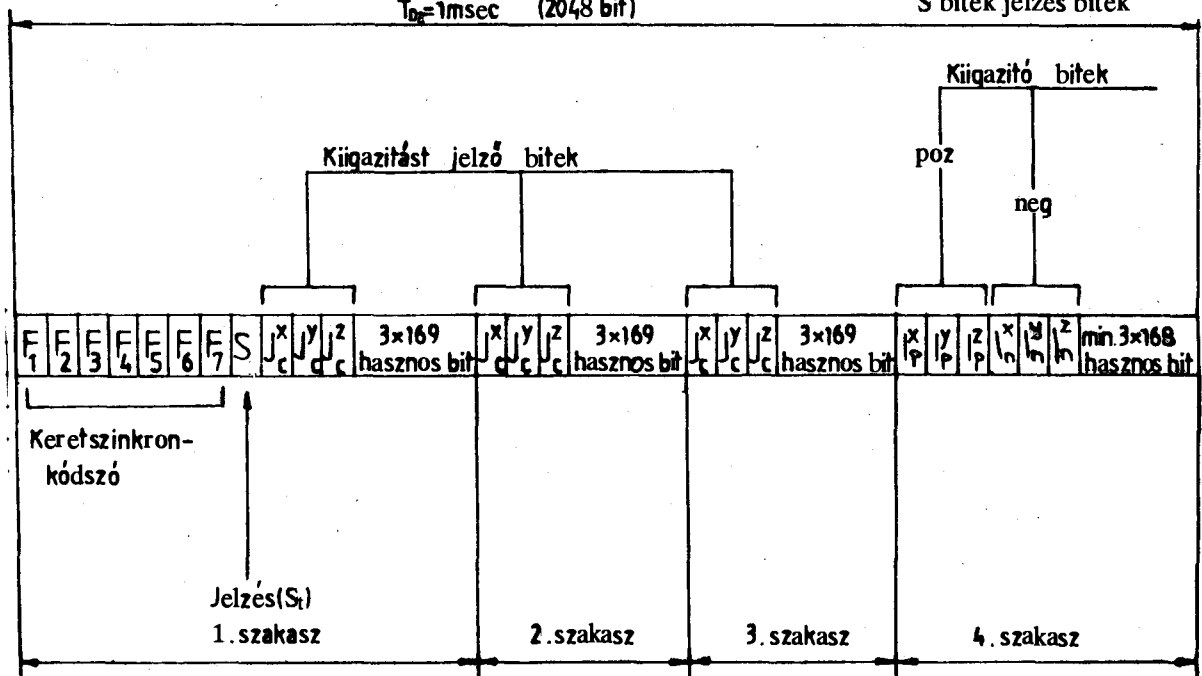
2. ábra: Keretszerzés egy mono csatornára

áll. Két keret együtt egy multikeretet alkot 6 ms-os periódusidővel, 2028 bittel. A multikeret szerzés alapján megkülönböztetünk páros és páratlan kereteket. Az egyes tömbökön belül a 32 db 10 bites mintát 16 mintából álló altömbre osztjuk, amelyek elé egy-egy 9 bitből álló kódszót helyezünk, amely az alábbi bitekből áll:
 F bitek keretszinkron kódzó
 R bitek tartomány kijelölő bitek
 P bitek paritás bitek
 S bitek jelzés bitek

Egy mono zene csatorna keretszerzése (2. ábra)

Egy keret időtartama $T=3ms$, ez három 32 db 10 bites mintából álló tömbből épül fel, és összesen 1014 bitet tartalmaz. Minden tömbben 338 bit található, ami 32 db 10 bites mintából és 2×9 redundáns bitből

Egyesített keret
 $T_{0.3} = 1msec$ (2048 bit)



3. ábra: Három sztereocsatorna egyesített keretszerzése

H556-3

A keretszinkron kódszó a páros keretben: 1011000
 A keretszinkron kódszó a páratlan keretben:
 0001101

A tartomány kijelölése 7 bites kódszóval történik
 R1–R7, ezeket 4 védőbit követi: R8–R11
 A védőbitképlete a következő:
 $R8 = /R3 + R2 + R1 / MOD2$
 $R9 = /R6 + R5 + R4 / MOD2$
 $R10 = /R7 + R5 + R4 + R2 + R1 / MOD2$
 $R11 = /R7 + R6 + R4 + R3 + R1 / MOD2$

Paritásbit

Keretenként 32 paritásbit áll rendelkezésre, tehát egy paritásbitre 3 minta jut. Páratlan paritás elvet alkalmaz, ami azt jelenti, hogy a mintában levő 5 felső bitben a logikai „1”-esek számát a paritásbit mindig páratlan számúra egészíti ki. Mindig csak az 5 felső bitet védjük. Azért, hogy a két szomszédos felső bit ne sérüljön, a 10 bitből álló minta bitjei felváltva követik egymást:

B1, B10, B2, B9, B3, B8, B4, B7, B5, B6

A hibajavítás interpolációval és extrapolációval történik. A paritásbiteket a mintákhoz úgy rendeljük hozzá, hogy a hiba nagysága minimális, a hibajavítás valószínűsége maximális legyen.

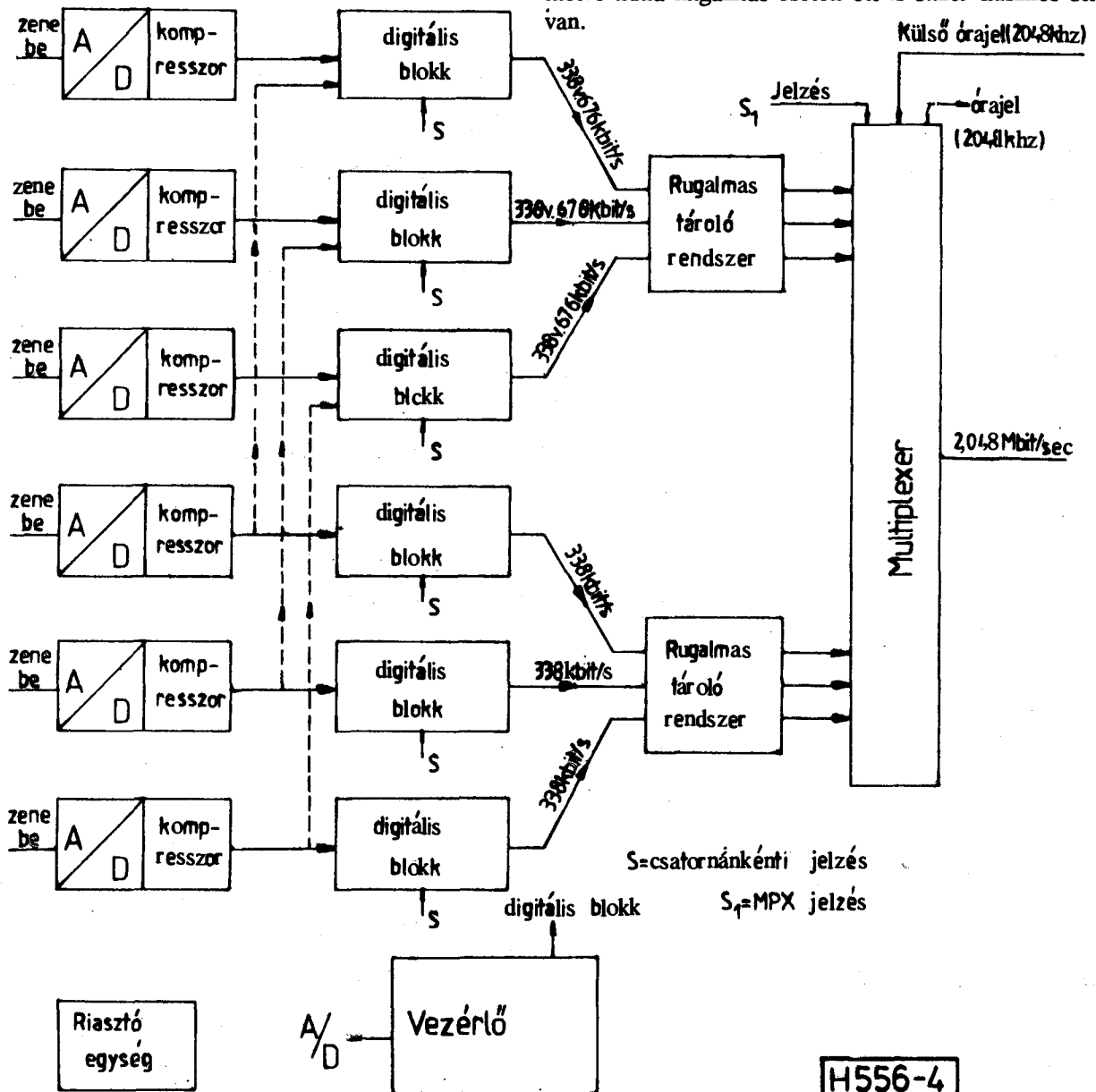
Egyesített keretszervezés (3. ábra) [1]

A hat 338 kbit/s-os mono csatornát a sztereo átvitelnek megfelelően páronként, közbeiktatásos módszerrel három, 676 kbit/s-os jelsorrá alakítjuk.

Az egyesített keretidő 1 msec, amely 2048 bitet tartalmaz.

A három sztereo jelsor egyesítésénél pozitív-nulla-negatív kiigazítást alkalmazunk, amelyből következik, hogy a kiigazítást a jelsorban jelölni kell és a kiigazító biteket is el kell helyezni.

A keret négy szakaszból áll. Az első három szakasz 3x169 hasznos bitből áll, a negyedik szakaszban 3x168, illetve nulla kiigazítás esetén ott is 3x169 hasznos bit van.



4. ábra: Zenemultiplex adó tömbvázlata

H556-4

A keret elején hét bitből álló keretszinkron kódszó van. Az első három szakasz sztereo csatornánként egy-egy kiigazítást jelző bitet tartalmaz. A negyedik szakasz elején a csatornánként pozitív, illetve negatív kiigazító biteket helyezük el. Nulla kiigazítás esetén egy keret az alábbi biteket tartalmazza:

Hasznos információs bitek $3 \times 4 \times 169$	2028
Keretszinkron kódszó F1...F7	7
Kiigazítást jelző bitek J_x, J_y, J_z 3×3	9
Pozitív kiigazító bitek $I(P)_x, I(P)_z$	3
	2048

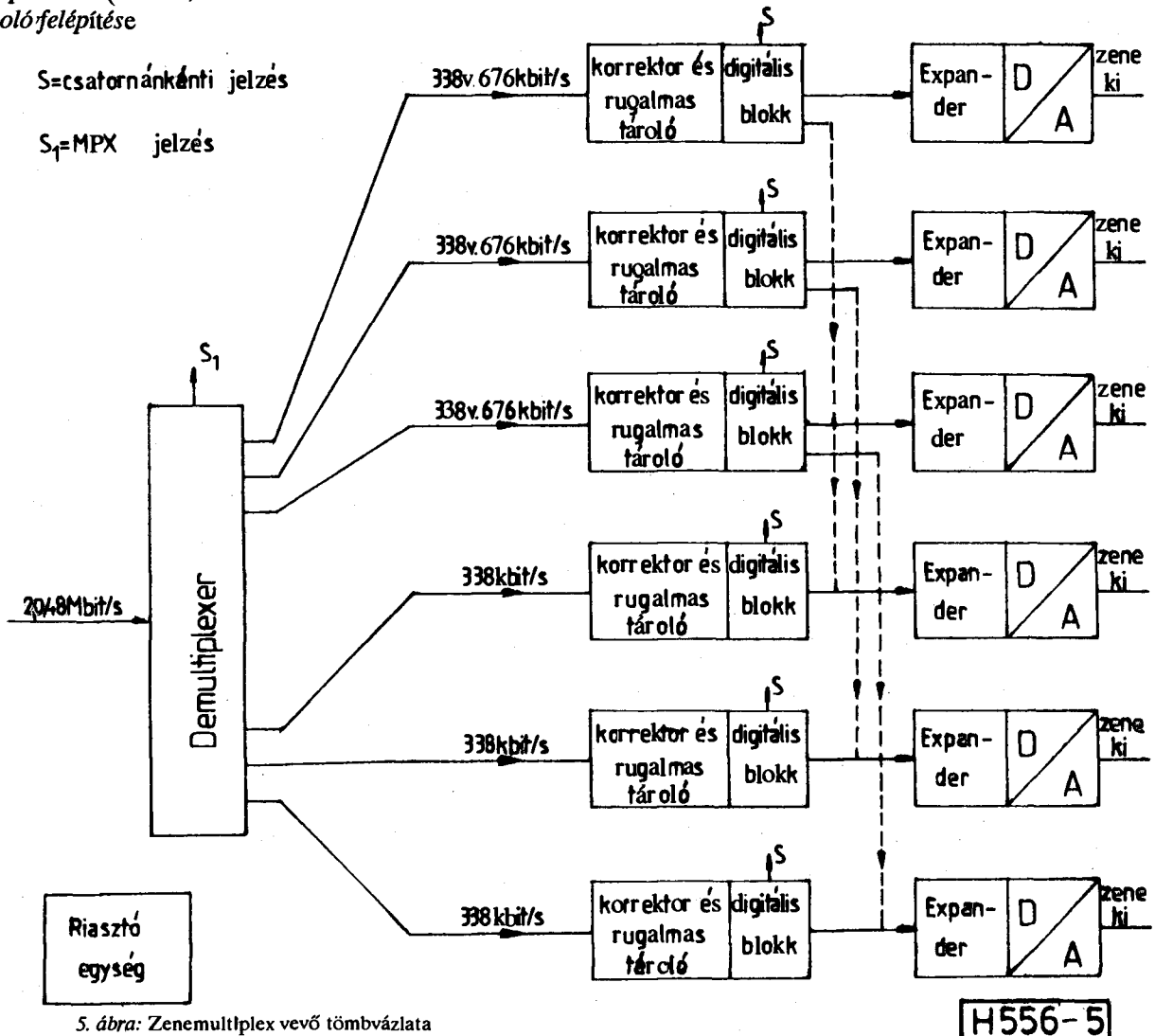
Zenemultiplex felépítése

A berendezés főbb funkcionális blokkjai:

- A, Multiplex adó
 - 1. Kódoló
 - 2. Multiplexer
- B, Multiplex vevő
 - 1. Demultiplexer
 - 2. Dekódoló

Multiplex adó (4. ábra)

Kódoló felépítése



5. ábra: Zenemultiplex vevő tömbvázlata

A kódoló keret bemenetén monocsatornánként egy CCITT J17[2] ajánlásnak megfelelő preemfázis van. Ezt követi csatornánként egy-egy analóg-digitál átalakító és egy-egy digitális kompresszor. Az analóg-digitál átalakító 32 kHz-es mintavételi frekvenciával létrehozza a PAM mintákat, majd ezekből állítja elő a 14 bites kódszavakat.

A kódolóban hajtjuk végre a 14 bitből 10 bitre történő kompressziót és létrehozuk a tartományokra jellemző biteket is. A digitális blokk fogadja a kódolókból érkező 10 bites mintákat és a tartománybiteket. Előállítja a 10 bites minták felső öt bitjét védő paritásbiteket, a jelzőbiteket, a hét tartománykijelölő bitet és ezek védőbitjeit, valamint létrehozza a monocsatornának megfelelő 1014 bites keretet. Az így létrejövő jelfolyam eredő sebessége 338 kbit/s. Sztereo átvitel esetén a két 338 kbit/s-os monocsatorna jelfolyamát közbeékeléses (interleaving) módszerrel $2 \times 338 = 676$ kbit/s-os jelsorrá alakítjuk. Ezzel a módszerrel a két csatorna közötti fáziskülönbség minimalizálható. A vezérlő előállítja 6 csatorna számára a vezérlőjeleket, amelyek vezérlik a 6 analóg-digitál átalakítót és a hozzá tartozó digitális blokk áramköreit.

Multiplex keret

A rugalmas tárolórendszer három azonos, független funkciót ellátó rugalmas tárolóegységet tartalmaz, amely lehetővé teszi a mono illetve sztereo jelfolyam feldolgozását. Az adatok beírása a memóriába a bejövő jelfolyam sebességével a kiolvasás a multiplexnek megfelelő módon történik. Mindegyik rugalmas tárolóegység előállítja a neki megfelelő PCM jelfolyam kiigazításához tartozó kiigazítást jelző biteket. A multiplexer egyesíti a 6 monocsatornának vagy 3 sztereocsatornának megfelelő PCM jelsort egy 2048 kbit/s-os jelsorrá, amely a CCITT G.703 ajánlásnak megfelelő.

Multiplex vevő (5. ábra)

Demultiplexer

A demultiplexer-keret kiadja a hat mono- illetve három sztereocsatornának megfelelő PCM jelsorokat, kiiktatva belőlük az F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7 keretszinkron kódszót, a Jx, Jy, Jz kiigazítást jelző biteket, az S1 jelzőbitet és a kiigazító biteket.

Dekóder keret

A különböző PCM jelfolyamok (csak a hasznos bitek) először a vétel oldali rugalmas tárolókba kerülnek. A rugalmas tárolók kimenetén megjelenő izokron-jelfolyamokat az expanziót és digitál-analóg átalakítást végrehajtó áramkörökön vezetik át. A hangfrekvenciás kimeneten az adóoldalon beadott analóg hangfrekvenciás jeleket kapjuk.

Riasztások

A berendezés riasztójelzéseket ad az alábbi esetekben:

- ha a berendezés nem kap 2 Mbit/s-os jelsort
- ha a berendezés AIS jelsort kap
- ha szinkronhiba van 2 Mbit/s-on
- ha tápegység hiba van

Zenemultiplex MODEM-pár műszaki adatai

Kódoló	
Frekvenciatartomány kHz	0.04-15
Mintavételi frekvencia	32 kHz + 50.10E-6
Kompressziós karakterisztika	Kvázi pillanatnyi 5 szegmenses 32 mintánkénti kiértékelés
Mintánkénti bitek száma	10 (14-ből kompresszióval)
Preemfázis/Deemfázis	CCITT J17 szerint
Egy csatornához tartozó jelfolyam sebessége	
mono	338 kbit/s
sztereo	676 kbit/s
Sebességkiegyenlítés	Pozitív-nulla-negatív

Hangfrekvenciás adatok:

Bemenő névleges szint	+9 dBm
Kimenő névleges szint	+15 dBm
Bemenő impedancia	600 Ohm (szimm.)
Kimenő impedancia	≤20 Ohm (szimm.)
Kimenő terhelő imp.	min. 600 Ohm
Túlvezérlés	+6 dB

Amplitúdó-fr. menet

Frekvencia kHz	Ampl. ingadozás(834 Hz-hez viszonyítva)
0.04-0.125	+0.2...-0.9
0.125-10	±0.2
10-14	+0.2...-0.9
14-15	+0.2...-1.3

Harmonikus torzítás

Frekvencia kHz	Torzítás %
0.04-0,125	0.5
0.125-7.5	0.3
Üres csatorna zaja	-56 dB q Ops
Jel/zaj	71 dB

Csatornák közötti fáziskülönbség (referencia hálózatra vonatkozóan)

Frekvencia kHz	Fáziskülönbség fok
0.04-0.2	30
0.2-4	15
4-14	30
14-15	40

A tartományok között lineáris interpolációt kell végezni.

Multiplex-Demultiplex

Jelfolyam sebesség	2048kbit/s ± 50.10 ⁻⁶
Mintavételi frekvencia	32 kHz
2048 kbit/s-os interfész	CCITT G. 703 ajánlás
Impedancia	75 Ohm aszimm.

Tápfeszültségek

Tápfeszültség tartomány	-20...-72V DC
Fogyasztás	
Adó	kb. 45W
Vevő	kb. 65W

Klímaadatok

Hőmérséklet	0 C- +50 C
Légnedvesség	85% 25 C-on

IRODALOM

- [1] Dr. Csernoch János, Fehér Ervin: Műsorszóró adók moduláló zenehálózatának további konkrét bővítési lehetőségei, Tanulmány 1987
- [2] CCITT Red Book Recommendation J.17
- [3] CCITT Red Book Recommendation J.21
- [4] CCITT Red Book Recommendation J.41