

Kvantálási torzítás összegeződésének vizsgálata*

BALÁS MIKLÓS
Posta Kutató Intézet

A posta országos távhívó hálózatának fejlődése, szerkezetének folyamatos átalakulása, a felhasznált átviteli rendszerek korszerűsödése szükségessé teszi az ún. „csillapításterv” felülvizsgálatát, kiegészítését és módosítását. A fejlődés következtében ma már nem csak a hálózattervezés alapjának számító csillapítási-kiosztást kell tervezni; az átviteli terv több más fontos és alapvető átviteli jellemző rendszertechnikai előírásait is tartalmazza. Ilyen paraméterek pl. a zaj, futásidő, stabilitás, csillapításingadozás.

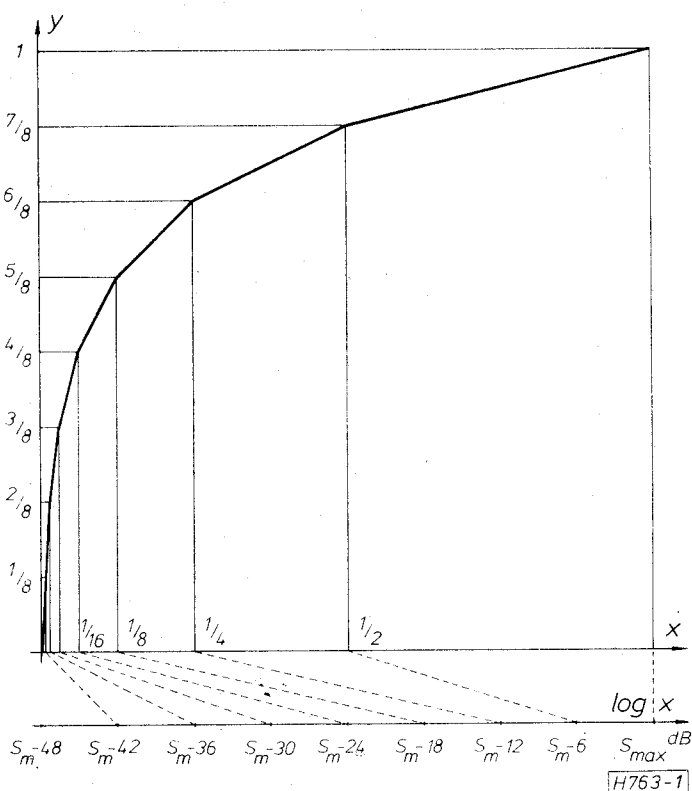
A korszerűsödő távközlő hálózatokban mind nagyobb teret kap a digitális, időosztásos technika, mind az átviteli, mind a kapcsolástechnikai alkalmazásban. Az új technika alapvetően befolyásolja a hálózat fejlesztését és a tervezésnél több új kérdést vet fel. Közéjük tartozik többek között az, hogy az impulzus-kód-modulált (PCM) rendszereket is tartalmazó több szakaszos távbeszélő összeköttetések zaja miként alakul. Az új átviteli terv kidolgozását megalapozó vizsgálatok [1] részeként feladatunk a kérdés megválaszolása volt.

A kvantálási torzítás [2]

Az impulzus-kód-modulációs berendezés az analóg jeltől vett minta kvantált értékéhez rendelt kód szót továbbítja az átviteli rendszeren s alakítja vissza analóg jellé. Kvantálás alatt olyan eljárást értünk, mely a folytonos, végtelen értékészletű dinamikatartományt véges számú értéktartományra (kvantálási lépcsőre) osztja és ezen intervallumok mindegyikét egy-egy értékkel a kvantálási szinttel vagy értékkel jellemzi. A minta tényleges értéke és a kvantálási érték közötti információ különbséget, mely a digitális átvivőrendszerben az átvitel során elvész, kvantálási torzításnak, vagy zajnak nevezük. Torzítás, mivel a torzítási termékek az átvivendő jel jelenlétében, azzal összefüggésben jelennek meg, a zaj elnevezés a hiba jellegének szubjektív megítéléséből terjedt el.

A kvantálási zaj szempontjából előnyös a nagyobb szintek felé növekvő méretű kvantálási lépcsőt alkalmazó nemlineáris kvantálás. A lehetséges kompressziós karakterisztikák közül a kvázi logaritmikus terjedt el. Mint az 1. ábrán látható, a gazdaságos megvalósíthatóság érdekében a karakterisztikát 8, egyenként lineáris lépcsőzésű szegmensből állítják össze. A logaritmikus összefüggés ilyen törtvonalas közelítése a dinamikatartomány kb. 30–35 dB-es szakaszán a bemeneti jel statisztikai tulajdonságaitól majdnem teljesen függetlenül, közel állandó jel/zaj viszonyt biztosít [2].

Ez a jel/zaj viszony jelleggörbe egyetlen kodek párra érvényes. Egy távbeszélő összeköttetés felépü-



1. ábra

* A TKI Ifjúsági Konferencián (1980. XI. 17.) elhangzott előadás alapján.

1. táblázat

A kvantálási torzítás forrásai	Hiba (kvantálási torzítási egység)
8 bites PCM kodek pár	1
7 bites PCM kodek pár	4
Digitális csillapító	1
Δ/μ vagy μ/Δ kód konverter	1
Transzmultiplexer	$1/2$
32 kbit/s-os ADPCM	5—6
8—7—8 bites átkódolás	3

2. táblázat

Bit-hiba-arány	Egyenértékű kvantálási torzítási egység
10^{-5}	5
10^{-6}	$1/2$
10^{-7}	0

lésekor viszont több PCM összeköttetés kapcsolódhat sorba, fővárosi, helyi viszonylatban — távlatilag — akár öt szakasz egymás után kapcsolódása is elképzelhető. Ilyen esetben sorban az első kódoló torzítatlan bemenőjelet kap, a másodiknak már azonban az első PCM szakasz által torzított jelet kell feldolgoznia. Ez a kódoló is ronthat a jelen. Felmerül a kérdés, hogyan összegeződnek a torzítások, összesen mekkora hiba engedhető meg, hány PCM szakasz kapcsolódhat egymás után? Tulajdonképpen definiálni kell, hogy milyen minőségű átviteli utat tekintünk elfogadhatónak. Többféle javaslat létezik, példaként mi most a CCITT elméleti referencia áramkörökre vonatkozó „Ajánlás tervezetét” ismer-tetjük röviden [3, 4].

(Elméleti referencia áramkörnek nevezzük azt az adott hosszúságú, előírt közbenső és végződő berendezéssel rendelkező elméleti áramkört, melyet a nagy távolságú áramkörök bizonyos jellemzőinek tanulmányozására alapnak tekintünk [5].)

Az „Ajánlás-tervezet” az egymás után kapcsolódó önálló PCM jelfeldolgozásokból adódó átviteli minőségromlások kézbentartására az „5+4+5”-ös szabály betartását javasolja. Bevezetve a CCITT előírásoknak megfelelő 8 bites PCM kódoló-dekódoló pár által termelt kvantálási zajra a kvantálási torzítási egységet, az 5+4+5 azt jelenti, hogy egy teljesen digitális nemzetközi összeköttetés által termelt 14 egységnyi zajból 5—5 egység jut a nemzeti, 4 egység pedig az összeköttetés nemzetközi szakaszára. Természetesen nem úgy kell érteni, hogy egy nemzetközi összeköttetésben 14 hangfrekvenciás lebontás lehet, hanem, hogy az 1. táblázat szerint veszik figyelembe az egyes átviteltechnikai berendezéseket és a minőségromlást okozó tényezőket. A 14 egység $10 \log_{10} 14 = 11,5$ dB többlet torzításnak, azaz jel/zaj viszony romlásának felel meg.

Bár a PCM áramkörök véletlen bit-hibáinak szubjektív hatása különbözik a kvantálási torzítás szubjektív hatásától, tervezési célból szükséges lehet a két jelenség összegeződését becsülni. E célra az „Ajánlás-tervezet” a különböző bit-hiba-arányokra a 2. táblázatban szereplő additív „egyenértékű kvantálási torzítási egység”-eket javasolja.

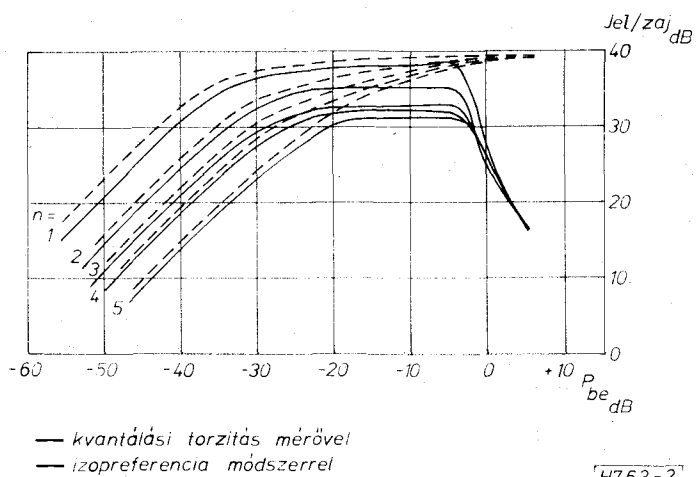
Az „Ajánlás-tervezet” további kérdést vetett fel: vajon a kvantálási torzítás szintfüggése állandó marad az összegeződés után, vagyis elegendő-e a jel/zaj görbéből 11,5 dB-t levonni. Méréseinkkel ezekre a kérdésekre igyekeztünk választ kapni.

A mérés

A vizsgálatokat objektív és szubjektív módszerekkel végeztük 2 PCM végberendezés összekapcsolásával felépült rendszeren, először a beszédcatornák egyszerű visszahurkolásával. Az egyes beszédcatornák mindig 2-huzalosan csatlakoztak egymáshoz. Mindegyik csatornát 3 dB csillapításúra állítottuk, így az első csatorna szinthelyesen, minden további csatorna a beállított saját 0 szintjénél 3—3 dB-lel alacsonyabb üzemi szinten működött. A Siemens P 2010-es műszeren sávhatárolt fehérzaj mérőjellel mértünk kvantálási jel/zaj viszonyt. A mért értéke-

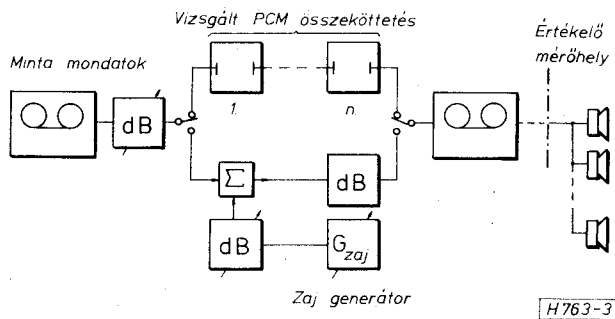
ket a 2. ábra mutatja 1, 2 stb. szakaszszám esetén a bemenetre, mint 0 dBr szintű pontra vonatkoztatva. Megfigyelhető, hogy az első PCM szakasz csúcslevágása következtében a kvantálási torzítás jelentősen megnövekszik, a görbe középső, közelítőleg egyenes részén a kompander karakterisztikának megfelelően alakul, és a szakaszszám logaritmusával arányosan csökken, míg a szintillesztetlenség miatt az alsó — azonos lépték esetén kb. 45° -os — rész jobbra eltolódik. Az eltolódás mértéke 3 dB körüli, mely megfelel a szakaszcsillapításoknak.

Ugyanezt az áramköri összeállítást megvizsgáltuk izopreferenciás összehasonlító módszerrel is [6]. E szubjektív mérési módszer lényege, hogy sok személy összehasonlítással választ a felkínált mintákból. Döntésüket nem kell megindokolni, nem kell kategóriákat felállítani. Esetünkben a minták kb. 3 másodperc hosszúságú mondatpárok. Az egyik a vizsgált rendszeren, a másik egy szintben egyeztetett útvonalon keresztül érkezik (3. ábra). Az utóbbihoz különböző teljesítményű fehérzajt kevertünk. A két

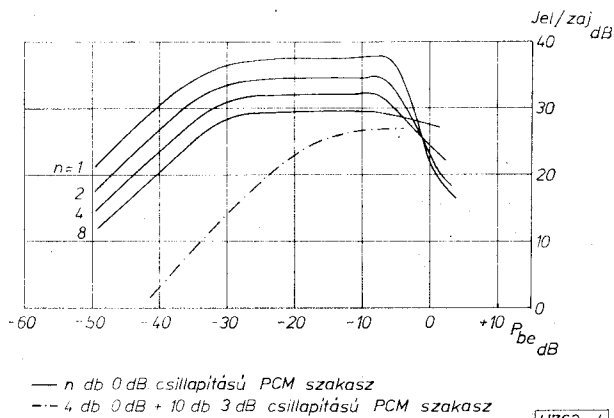


2. ábra

[H763-2]



3. ábra



4. ábra

átviteli utat olyan fehérzaj szintnél tekintjük egyenértékűnek, melynél mindkettő azonos „jó”, ill. „rossz” szavazatot kapott. Az átlagos beszédszintre vonatkoztatva kiszámoltuk a jel/zaj viszonyt, a kapott görbéket a 2. ábrába szaggatott vonallal rajzoltuk be. Bár a módszer kicsit hosszadalmas, kellő számú mondatpár és értékelő személy esetén igen jól tükrözi az „előfizetői vélemény”-t.

Mint látható, a kapott görbe sereg a -20 dB-es jelszint alatt követi a műszeres vizsgálat eredményeit, a magasabb szinteken viszont a limiter okozta torzítást az értékelők nem érezték túl zavarónak annak következtében, hogy az emberi fül számára a 0 átmenetek és a kis szintű jelek fontosabbak a beszéd nagyszintű részleteinél.

[A szubjektív értékelés összehasonlításos módszerének alkalmazását esetünkben az is indokolta, hogy a vizsgálatot végzők a PCM összeköttetést önmagában még akkor is kifogástalannak tartották, amikor a jel/zaj viszony max. 25 dB volt, s csak 20 dB körül kezdtek tudatosan érzékelni a jeltorzulást.

A mérések második részében a műszeres mérést megismételtük 0 dB-es szakaszcillapításokkal is. A

mérési eredményeket a 4. ábra mutatja. Látható, hogy a kvantálási jel/zaj viszony a bemeneti jelszint gyakorlatilag egész tartományában a szakaszszám logaritmusával arányosan csökken].

A 4. ábrába pont-vonallal bejelöltünk egy 14 szakaszból álló rendszeren mért jelleggörbét, melyet a kvantálási torzításmérővel vettünk fel. Az összeköttetésben 10 szakasz 3 dB csillapításúra, míg a középső $4, 0$ dB csillapításúra volt állítva. Ez a felépítés példa lehet arra az általánosnak tekinthető esetre, amikor a PCM szakasz a pillanatnyi kapcsolási helyzetnek megfelelően a hálózat különböző szintű pontjain kerül forgalomba.

Következtetések

A bemutatott mérési eredmények alapján megállapítható, hogy a CCITT által javasolt kvantálási torzítási egység (röviden qdu) és az összegeződési szabály az áramkörök teljes szintillesztettsége esetén pontosan írja le a Magyarországon is alkalmazott 8 bites PCM multiplexerek kvantálási torzításának halmozódását. A későbbiekben azonban meg kell vizsgálni a zajösszegeződést a hálózatunkban alkalmazandó más digitális jelfeldolgozó berendezésen, és a minőségromlást előidéző egyéb tényezőknél is. Pozitív eredmények esetén a módszer alkalmazása egyszerűbbé teheti a digitális hálózatok zajkiosztásának tervezését.

Az izopreferenciás vizsgálatok szerint a túlvezérlési állapotot nem kell hibás működésnek tekinteni. Az előfizetői vélemények szerint a $10-15$ dB értékben túlvezérelt PCM csatorna üzemszerűen alkalmazható. A hálózat azon szakaszain, ahol a kapcsolási helyzettől függően a PCM csatornáknak más-más szinten kell működni, a szintegyeztetést a legalacsonyabb szintű állapotra kell elvégezni.

Mivel a szintillesztetlenség a dinamika tartományt a szakaszcillapítással csökkenti, és ugyanakkor a 2 -huzalos szakaszok stabilitásának biztosításához minimálisan $2,5$ dB-es szakaszcillapítás szükséges, az átviteli tervben a 2 -huzalos áramkörök számát korlátozni kell.

I R O D A L O M

- [1] Sáfár Zoltán: Megfontolások és irányelvek az országos távhívóhálózat átviteli tervezéséhez. PKI-tanulmány, Budapest, 1980. Kézirat.
- [2] Lajkó Sándor, Dr. Lajtha György: PCM a távközlésben. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978.
- [3] CCITT Study Group XVI (Geneva, 2-5 July 1979), Temporary Document No. 20.
- [4] CCITT Study Group XVI, COM XVI—No. 125 (Study Period 1977-1980)
- [5] CCITT Narancs-könyv III. kötet, Vezetékes átvitel, KÖZDOK, Budapest, 1979.
- [6] Takács György: Izopreferencia-módszer. Kép- és hangtechnika XXII. 1976. 3.