

Digitális jelátvitel crossbar távbeszélő központban

ETO 821.395.344.6:621.395.38:681.327.8

A századunk második felében lejátszódó technikai forradalom előfeltétele a távközlő világhálózat. Ebben a hálózatban az átviteli rendszerek zöme frekvenciaosztásos, a kapcsolóközpontok szinte kizárólag térosztásos elven működnek. A kapcsolók kereszt-pontjai kapcsolás esetén az analóg jelek mindkét irányú átvitelét lehetővé teszik, s ezt jelenleg lényegében csak fémek kontaktussal lehet kielégítő módon megoldani. Ezzel magyarázható, hogy a tiszta elektronikus távbeszélő-központok nem tudtak elterjedni.

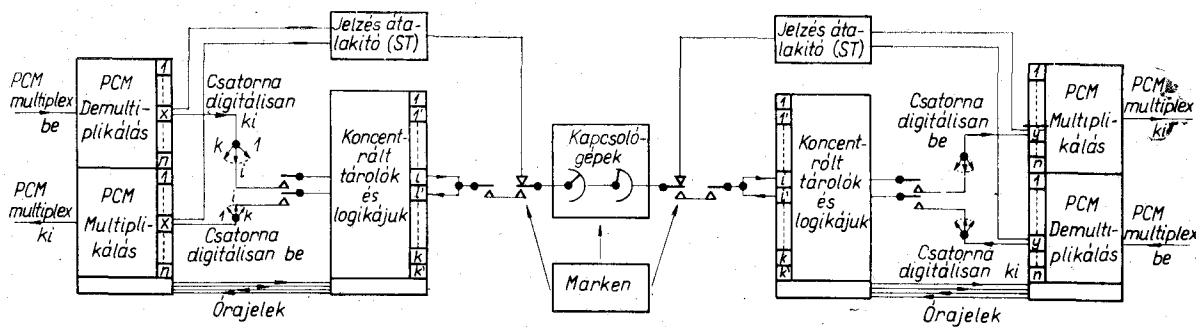
A multiplex átviteli rendszerek között a frekvenciaosztásos átvitel mellett egyre nagyobb szerephez jut az időosztásos digitális átviteli mód, az impulzus-kódmoduláció, a PCM. Térhódítása elsősorban a kis távolságú városi és körzethálózatokban a kis csatornaszámú (24–32) rendszerek, valamint az igen nagy távolságú, nagyobb csatornaszámú (pl. műholdas) rendszerek körében kezdődött meg.

A digitális átvivőrendszerek alapvető jellemzője, hogy zajtűrésük lényegesen nagyobb. Ez az oka annak, hogy a zaj- és torzítási követelmények alapján a félvezető kapcsolóelemek alkalmasak kvantált be-

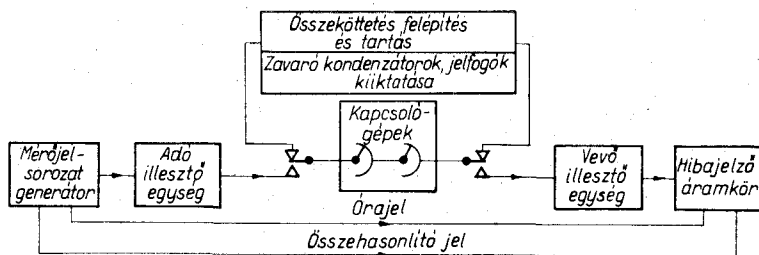
szédnek vagy más digitális információ kapcsolására, de nem alkalmasak analóg jelek kapcsolására.

A jövő távközlő hálózata a tiszta digitális hálózat, amelyben az átviteli berendezés és a kapcsolóközpont áramkörtechnikai és rendszertechnikai felépítésében egységes lesz. Ámbár a legderülátóbb jóslatok is csak a század utolsó évtizedére várják a tiszta digitális integrált hálózat megvalósulását, de az alapok lerakása, valamint az átmeneti megoldások kidolgozása napjaink feladata. E munka során figyelembe kell vennünk, hogy a professzionális híradástechnikai berendezések amortizációs ideje legalább 15 év. A gyakorlatban azonban a berendezések átlagosan 25–30 évig üzemelnek. Számolnunk kell tehát egyrészt azzal, hogy a ma üzembe kerülő berendezések (mint pl. a crossbar központok) még legalább 20 évig fognak üzemelni, másrészt, hogy a távközlőhálózat éppen tőkeigényessége miatt nem váltható fel egyik napról a másikra új hálózattal, hanem biztosítani kell az analóg és digitális rendszerek együttműködését.

Az egyszerű megoldás minden analóg rendszer—di-



a) PCM tranzitálás folyamata az x -bót az y -ik csatornába



b) PCM tranzitálás leutánczása hibaarány méréshez egyetlen összeköttetésen

1. ábra. PCM tranzitálás és szimulálása

gitális rendszer átmenetnél a jel átalakítása a megfelelő módra. Így azonban a torzítások növekednek, elvész a PCM rendszer sok előnye.

Egy korábbi tanulmányban [1] megvizsgáltuk annak elvi lehetőségét, hogy PCM jelek térosztásos kapcsolóközponton történő tranzitját hogyan lehetne megoldani analóg jelre történő konverzió nélkül. A gyakorlati megoldáshoz szükséges megvizsgálnunk digitális jelek átvitelének lehetőségét kapcsolóközponton keresztül.

A mérés kiindulási feltételei

A fenti okok miatt vizsgáltuk meg a crossbar kapcsológépek alkalmasságát impulzus-kódmodulált jelek kapcsolására. Ha a 30/32 csatornás primer multiplex PCM berendezéseket tekintjük szabványosnak, akkor a vonali jel maximális információsebessége 2,048 Mbit/s. A térosztásos kapcsolómező egy átviteli útján az átviteli lehetőséget csak egy csatornára számára kell biztosítani, amelynek információátviteli sebessége 64 kbit/s. Ütközőtároló közbeiktatásával megvalósítható, hogy a 2 Mbit/s nagyságrendű sebességgel beolvasott egy csatornamintát képviselő kódszó bitjeit sorosan csak egy csatorna-sebességnek megfelelő 64 kbit/s sebességgel olvassuk ki a kapcsolópont felé, amely a jelzés információ alapján (az ST jelzéstranzlátór és vezérlőáramkör segítségével) a csatorna digitális jelét a kapcsológép megfelelő kimenetére juttatja (1. ábra). Tranzitálásnál azonban nem szükséges az átviteli sebességet 64 kbit/s-ra csökkenteni. A bemenőoldali ütközőtárolóból az információt n 64 kbit/s sebességgel olvashatjuk ki, vihetjük át a kapcsolómezőn, s írhatjuk be a kimenőoldali ütközőtárolóba, amelyből a kiolvasás és a besorolás a kimeneti PCM nyalábba már PCM vonali sebességgel történhet. Az 1. ábrán bemutatott módon, digitális formában akkor érdemes a jelet kapcsolni, ha átmenő (tranzit) hívásról van szó. Az ábrán feltüntetett rendszertervből következik, hogy a tárolók miatt a kapcsolópontokon 100% kitöltési tényezőjű (NRZ) unipoláris impulzusokat legcélszerűbb átvenni. Méréssorozatunk céljára azt tűztük ki, hogy ehhez a rendszertervhez hasonló körülmények között tanulmányozzuk a crossbar kapcsolópontok impulzusátviteli tulajdonságait, figyelembe véve, hogy az általunk impulzusátvitelre alkalmazott kapcsológép más keresztpontjai egyidejűleg hangfrekvenciás jel átvitelére szolgálhatnak. Vizsgálataink során az impulzusátvitelre használt átviteli út se kondenzátort, se jelfogótekereset nem tartalmazott, míg az analóg átviteli csatornák felépítése a szokásos volt.

A méréshez felhasznált műszerek

A mérés elvégzéséhez egy adatátviteli mérőgenerátort terveztünk és készítettünk. A műszer univerzálisan felhasználható 5 Mbit/s jelsebességig. A mérőgenerátor által előállított jelsorozatokat megfelelően a CCITT V 52 ajánlásának. Előállítható vele 511 bit hosszúságú álvéletlen sorozat, tetszőleges 8 bites sorozat, továbbá állandó 1 vagy 0.

A mérőgenerátor két részből, egy adórészből és egy vevőrészből áll. Mindkettő tartalmaz egy-egy álvéletlen generátort. Az adó szolgáltatja a mérőjeleket. A vevőoldali álvéletlen generátor automatikusan szinkronizálódik a vett jelhez, s a vett jelsorozat és az újra előállított vevőoldali jelsorozat összehasonlítása alapján nyerjük a hibajeletet. Ily módon egyrészt tetszőleges késleltetésű hálózatokon lehet a mérest elvégezni, másrészt nincs szükség az adóoldali jelsorozatnak zajtól védett vezetéken a vevőoldalra juttatására. A vett jel és a vevőoldalon előállított álvéletlen sorozat összehasonlításának eredményeképpen három kimeneten kaphatunk jeleket. Bit-hibát jelez a műszer, ha a vett jel és a vevőoldalon előállított sorozat egyes bitjei eltérnek egymástól. Blokkhibát jelez a műszer, ha az 511 bites álvéletlen sorozatban legalább egy hiba történt. Szinkronhibát akkor jelez, ha a vett jel és a vevőoldali generátor nincs egymással szinkronban. Szinkronhiba esetén sem blokkhiba, sem bithiba jelzése nem történik. A bithibaarány és a blokkhibaarány összehasonlítása lehetőséget nyújt arra, hogy a hibák eloszlásáról némi tájékoztató információt nyerhessünk. A szinkronhiba az átvitel katasztrófális meghibásodásának valószínűségére jellemző.

A mérés célja TTL jelek átviteli lehetőségeinek vizsgálata a telefonközponton keresztül, ezért az adógenerátor kimeneti, ill. a vevő bemeneti áramkörei ennek megfelelően készültek. A mérést mind szimmetrikus, mind aszimmetrikus TTL jelekkel el lehet végezni. A szimmetrikus adó és vevő lényegében a szokásos integrált áramkörös kimeneti áramkört, ill. vonalvevőt utánozza.

Az adónak két kimenete van, amelyeknek jelsorozata között 1,5 bitidő a késleltetés a digitális jelek kölcsönös zavaró hatásának vizsgálatához.

Az adó- és vevőoldali álvéletlen generátorok vezérléséhez a jelet külső óragenerátor szolgáltatja. Az órajel egyik éle az adó-, másik éle a vevőoldali generátor léptetését végzi. Így az órajel szélességének változtatásával a késleltetés egy biten belül tetszőlegesen beállítható.

A központ karbantartásához használt Ericsson hívómű lehetővé tette szomszédos átviteli utak kiépítését, ami a szomszédos csatornák terhelésének a hibaarányra gyakorolt hatását is megfigyelhetővé tette.

A méréshez ezenkívül számlálót, oszcilloszkópot és pszofométert használtunk fel.

Mérések

Célkitűzéseinknek megfelelően az alábbi típusú méréseket végeztük el:

I. Jelátlapolódás vizsgálata a hibamentes detektálhatóság kritériuma alapján

- szemábra segítségével,
- hibaarány mérésével kisforgalmú időszakban, különböző bitsebességek esetén.

Cél: A jelátlapolás szempontjából megengedhető sebesség behatárolása.

II. Hibaarány mérése a legkedvezőtlenebb feltételek esetén.

- a) *Kisforgalmú* időszakban, a vizsgált csatornán kívül más digitális csatornát nem szimulálva. **Cél:** A jelátlapolódás hibaarányra gyakorolt befolyásának vizsgálata különböző bitsebességek esetén (a mérés azonos az 1b pontban leírttal).
- b) *Nagyforgalmú* időszakban, sok beszédfrekvenciás összeköttetéssel terhelt központban, az előző pontban kis hibaarányt eredményezett bitsebességekkel. **Cél:** Összefüggést találni a hibaarány és a bitsebesség között, a megengedhető bitsebességre gyakorlati tapasztalatot szerezni.
- c) *Kisforgalmú* időszakban lehetőleg analóg csatornával nem terhelt kapcsológépeken, a *szomszédos átviteli úton is (1,5 bittel eltolt) PCM* jelsorozattal terhelt PCM csatornában, különböző bitsebességekkel megismételve a mérést. **Cél:** Tájékoztatót kapni a PCM csatornák közötti, központokon belüli áthallásról.
- d) *Forgalmas időszakban* az analóg beszédcsatorna mellett, a *szomszédos átviteli úton PCM* csatornával is terhelt kapcsológépek esetén, különböző bitsebességgel. **Cél:** Tájékoztatót kapni a PCM és analóg csatornák hatásáról a hibaarányra. A kisszámú (két) PCM csatorna miatt csak tájékoztató jellegű következtetéseket tudunk levonni.

III. Pszofometrikus zajmérés a PCM csatornával maximálisan szomszédosan futó felépített, de csendes csatornában a PCM jel kikapcsolása és átvitele esetén.

Cél: A PCM csatornáknak az analóg csatornákra gyakorolt hatásának vizsgálata.

Az itt felsorolt méréseket általában nagyforgalmú gépeken, a méréseket különböző átviteli úton felépített összeköttetésekre megismételve végeztük.

Általános mérési körülmények

A mérési körülményeket részben a korábban leírt elméleti megfontolások, részben az előkísérletek tapasztalatai alapján alakítottuk ki.

A méréseket a Lágymányosi Távbeszélő-központban a méréseinkkel egyidejűleg végzett forgalmi mé-

rések szerint az átlagosnál forgalmasabb összekötő-áramkörökön keresztül felépített összeköttetéseken végeztük.

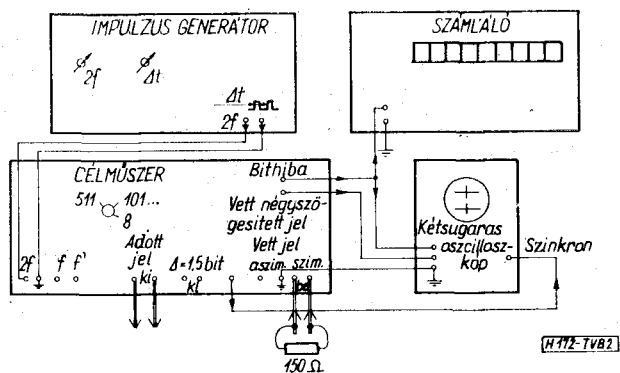
A generátor mérőjelével az I. GV (csoportválasztó) első gépének bemenetéhez tartozó JK vizsgáló kapcsára csatlakoztunk. A II. GV második kapcsológépének kimenetéhez tartozó JK vizsgálókapcsáról a 150 ohmos ellenállással lezárt vevődetektor szimmetrikus bemenetére csatlakoztunk.

A legáltalánosabb mérési összeállítás a 2. ábrán látható. A vevődetektor mintavételi idejének optimális beállítását, valamint a regenerált jelek ellenőrzését oszcilloszkóppal végeztük.

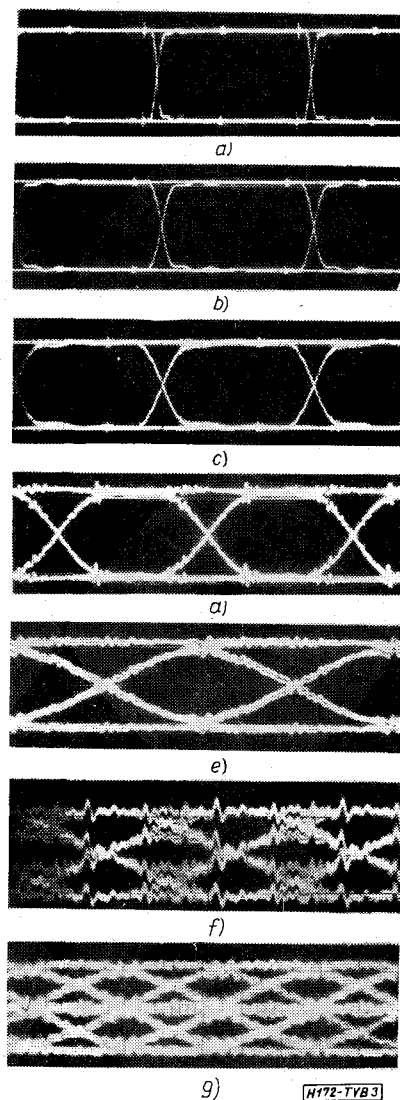
A jelátlapolódás vizsgálata

A vizsgálati sebesség (a korábbi megfontolások szerint): 64 kbit/s, 128 kbit/s, 256 kbit/s, 512 kbit/s, 1024 kbit/s, 1500 kbit/s és 2048 kbit/s.

A vizsgálathoz felépítettünk egy központban ma-



2. ábra. Általános mérési összeállítás



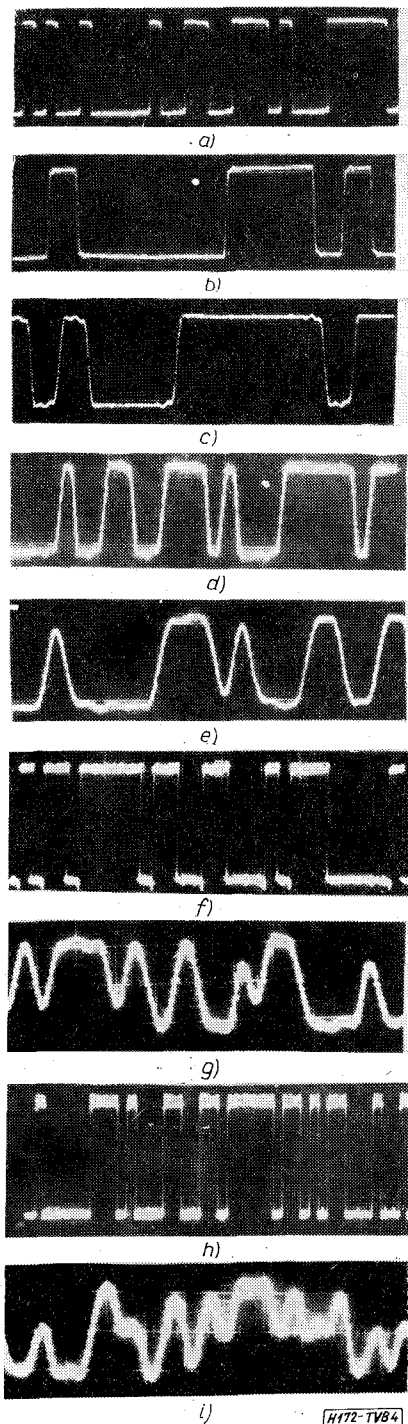
3. ábra. Különböző sebességű átvitelek szemábrái: a) 64 kbit/s, b) 128 kbit/s, c) 256 kbit/s, d) 512 kbit/s, e) 1,024 Mbit/s, f) 1,5 Mbit/s, g) 2 Mbit/s

radó hívást, amelynek az I. CSV és a II. CSV kimenete közti — a tranzit központot leutánzó — szakaszát felépítve tartottuk. Ebben a szakaszban vizsgáltuk

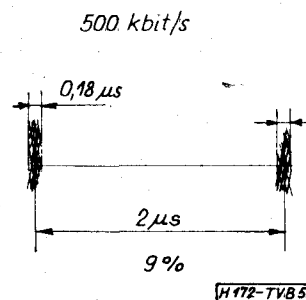
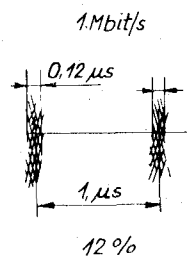
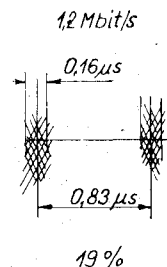
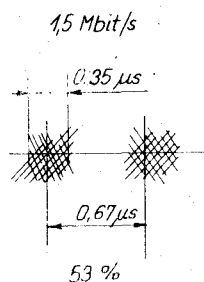
a beadott álvéletlen jelsorozat hatására a 150 ohm lezárású kimeneten megjelenő jelsorozatot.

A megadott sebességeken a vett jel időbeli lefolyását fényképeken rögzítettük. Ezeket a képeket mutatja a 3. ábra, ahol a vízszintes tengely időléptékét természetesen sebességként más-más értékre kellett beállítani. Azokon a sebességeken, amelyeken a rendszeren való áthaladás jelentős jelalaktorzulást, ill. átlapolódást eredményezett, a vett jelen kívül az adott jelet is feltüntettük. Látható, hogy a képen minden esetben olyan mintát fényképeztünk, amelyben logikai 0-k közé iktatott egyetlen logikai 1, valamint logikai 1-ek közé iktatott egyetlen logikai 0 is szerepel. Ezek az átmenetek a legkritikusabbak a detektálás szempontjából.

Az átlapolódás vizsgálatára minden egyes sebességen felvettük a szemábrát is (4. ábra). A szemábrá-



4. ábra. Jelátvitel különböző sebességeken: a) 64 kbit/s, I. és II. GV-n átvitt jelsorozat, b) 128 kbit/s, I. és II. GV-n átvitt jelsorozat, c) 256 kbit/s, I. és II. GV-n átvitt jelsorozat, d) 512 kbit/s, I. és II. GV-n átvitt jelsorozat, e) 1,024 Mbit/s, I. és II. GV-n átvitt jelsorozat, f) 1,5 Mbit/s, beadott álvéletlen jelsorozat, g) 1,5 Mbit/s, I. és II. GV-n átvitt jelsorozat, h) 2 Mbit/s, beadott álvéletlen jelsorozat, i) 2 Mbit/s, I. és II. GV-n átvitt jelsorozat



5. ábra. Izokron torzítás különböző sebességeken

ból kiolvasható a jelátlapolódásra és jitterre jellemző izokron torzítás. Az izokron torzításokra az 5. ábrán feltüntetett értékeket olvastuk le, 500 kbit/s sebesség alatt az izokron torzítás elhanyagolható volt.

A jelalakvizsgálat és az ezt reprezentáló ábrák alapján megállapítható, hogy 1 Mbit/s-ig a zajmentes átvitel esetén fellépő jelátlapolódás elhanyagolható, döntési hibára nem vezet, az átvitel jó minőségű.

1,5 Mbit/s esetén a jelátlapolódás elvileg nem okoz döntési hibát, viszont a helyes döntés szempontjából megengedhető zajt rendkívül kis értékre szorítja le.

2 Mbit/s sebesség esetén olyan nagy a jelátlapolódás, hogy a szemábra nyílása megszűnik, s így zajmentes állapotban sem végezhető ilyen módon jelátvitel.

A fenti megállapítások alapján arra a következtetésre juthatunk, hogy 1,5 Mbit/s vagy annál nagyobb sebességű NRZ jel nem vihető át a központon elfogadható hibaarányal. Ezt igazolják a kis forgalmú időszakban végzett hibaméréseink is. 2 Mbit/s sebességen a hibaszámláló szinte állandóan futott, míg 1,5 Mbit/s-nál 10^{-6} nagyságrendű volt a hibaarány. Kb. 1,2 Mbit/s sebességen kis forgalmú időszakban 10^{-9} -nél kisebbre csökkent a hibaarány.

Hibamérés forgalmas időszakban

A jelátlapolódás-vizsgálat alapján megállapítható, hogy a hibamérést csak 1,2 Mbit/s-nál kisebb sebességekre érdemes elvégezni. A korábban megindokolt frekvenciákon először tájékozódó jellegű méréseket végeztünk. Ennek alapján megállapítottuk, hogy a hibaarány 10^{-7} – 10^{-8} nagyságrendben mozog.

A függelékben közölt konfidenciaszámítás alapján döntöttük el, hogy különböző hibaarányok esetén milyen hosszú ideig kell a mérést végezni ahhoz, hogy a kapott hibaarány adott pontossággal, megadott biztonsággal hitelesnek legyen tekinthető.

A mérésorozatban alkalmazott bitfrekvenciákat és hibaarányokat figyelembe véve, a szükséges mérési időtartam órában az 1. táblázatból állapítható meg. Ebből a táblázatból kitűnik, hogy kisebb sebességű átvitel esetén több száz forgalmas óra mérési idő szükséges.

A táblázat eredményei alapján inkább kevesebb frekvencián igyekeztünk megfelelő hosszú ideig mérni. A hibamérésre kiválasztott jelsebességek a következők voltak: 64, 200, 500 kbit/s és 1 Mbit/s.

1. táblázat

5%-os pontossághoz szükséges mérési idő órában

átviteli sebesség \ hibaarány	95% biztonsággal		90% biztonsággal	
	10^{-8}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-7}
64 kbit/s	700	70	430	43
200 kbit/s	220	22	140	14
500 kbit/s	90	9	56	5,6
1 Mbit/s	45	4,5	28	2,8

A hibamérést a 2. ábrának megfelelő mérési elrendezés szerint végeztük. A mérés megkezdése előtt igen gondosan beállítottuk az adó és vevő közötti késleltetést. A késleltetési időre a felépített összeköttetéstől függően 1,5–2 μ s közötti értékek adódtak. A késleltetés tehát a frekvencia, ill. sebesség növekedésével 0 bittől 3 bitig nőtt. A finom beállítás, amely az órajelgenerátor impulzusainak szélességével és a célműszeren kapcsolóval beiktatható 1/2 bit eltolással történt, különösen azokban a frekvenciákon volt igen lényeges, ahol már jelentős távirótorzítás is volt. Az adott jel és a vett jel közötti összehasonlítást az optimális döntési időpontba való beállítás után végeztük.

A hibamérés eredményeinek feldolgozása szempontjából kedvezőbb, ha a számlálón jelzett hibákat beütésenként, a beütési idővel együtt regisztráljuk. Így a hibaeloszlásra, esetleges csomósodásra vagy mérési hibára is következtetni lehetett, valamint a forgalmas és a kis forgalmú időszakokra adódó hibaarányt szét lehetett választani.

A hibamérési eredmények alapján megállapítottuk, hogy a vizsgálati időnek 0,01%-nál kisebb részében, átlagban napi egy alkalommal vagy annál ritkábban egyszerre 10^3 nagyságrendű hiba ugrott be. A leírt hiba olyan jellegűnek tűnt, mintha vagy az összeköttetésben, vagy berendezéseink táplálásában kimaradás vagy bizonytalanság lépett volna fel. Az idő rövidsége miatt, valamint azért, mert ilyen jellegű hiba igen ritkán és az emberi észlelés számára rövid ideig fordult elő, ennek okát behatárolni nem tudtuk. A mérések kiértékelésekor ezt a mérési hibának tekintettük, a hibaeloszlásból teljesen kiugró értéket töröltük. Az ily módon kapott mérési eredményekre jellemző, hogy a hibaeloszlás görbéje az 1 és 2 bit hiba felé tolódik. A hibagyakoriság egyértelműen forgalomfüggő. A forgalomszegény időpontokban óránként legfeljebb 1 hiba fordult elő. Ezért méréseink során a forgalmas órákban kapott hibaarányokat külön értékeljük.

A mérési eredmények alapján a forgalmas órai hibaarányra kapott értékeket a 2. táblázat foglalja össze.

2. táblázat

Átviteli sebesség	Forgalmas órai hibaarány
1,2 Mbit/s	$0,43 \cdot 10^{-6}$
1 Mbit/s	$0,45 \cdot 10^{-8}$
500 kbit/s	$0,9 \cdot 10^{-8}$
200 kbit/s	$2,3 \cdot 10^{-8}$
64 kbit/s	$1,65 \cdot 10^{-8}$

PCM csatorna áthallása PCM csatornába

A hibaaránymérést úgy is megismételtük, hogy a szomszédos csatornák (I. CSV-ban) egyikét PCM átvitelre kialakítottuk (az egyenfeszültségeket lebontottuk, a tekercset és kondenzátort tartalmazó részeket leválasztottuk). Az így kialakított csator-

nába a mérőgenerátor 1,5 bit késleltetésű kimeneről PCM jelet adtunk, miközben az addig üzemeltetett PCM csatornát vizsgáltuk. A mérést kis forgalmú időszakban végeztük. A PCM csatornával zavaró PCM csatornában a hibák száma nem nőtt.

Ebből a mérésből természetesen csak azt a következtetést szabad levonni, hogy egyetlen PCM csatorna a szomszédos PCM csatornában számottevő áthallást nem okoz.

A PCM csatornával szomszédos csatorna hibaarányát forgalmas órában is mértük. Hibaarányromlás nem volt észlelhető.

A PCM csatorna hatása beszédcsatornára

Hibrid rendszerben, amelyben hangfrekvenciás és PCM átvitel is van, meg kell vizsgálni nemcsak a beszédcsatornáknak a PCM csatornára, hanem a PCM-nek a beszédcsatornára gyakorolt hatását is.

A rendelkezésre álló célműszer segítségével csak két zavaró PCM csatornát tudtunk szimulálni. Annak érdekében, hogy zavarás szempontjából a legrosszabb körülményeket valósítsuk meg, az Ericson hívómű segítségével a felépített beszédcsatornával legalább az első csoportválasztó gépeken együtt futó két PCM csatornát építettünk fel. Az így felépített két csatornát

- üresen hagyva,
- az egyiket PCM jellel, a másikat üresen hagyva,
- mindkettőt PCM jellel

terhelve megmértük az üres hangfrekvenciás csatornában a zajfeszültség objektív és pszofometrikus értékét is. A csatorna saját zaját úgy igyekeztünk csökkenteni, hogy a teremzajt felvevő mikrofont kisöntöltük. (Meg kell jegyezni, hogy az 511-bites álvéletlen sorozat ismétlődési frekvenciája 200 kbit/s és 1 Mbit/s közötti sebességen a hangfrekvenciás csatorna sávjába esik.) Ennek ellenére sem az objektív, sem a pszofometrikus zaj értéke nem változott a PCM csatornák bekapcsolásának hatására. Ebből azt a következtetést tudtuk levonni, hogy két PCM csatorna zavaró hatása a szomszédos beszédcsatornákra elhanyagolható. Valószínűleg néhány PCM csatorna sem okoz észlelhető zajt. Annak megállapítása, hogy igen sok PCM csatorna között átvitt egy-egy beszédcsatorna nem szenved-e minőségi változást, további vizsgálatot igényel.

A mérések értékelése

A konfidenciaszámításnak megfelelő ideig végzett mérések alapján megállapítható, hogy a crossbar kapcsológép a megadott rendszertervnek megfelelő felépítésben PCM tranzitálásra alkalmas lehet. Az is megállapítható volt, hogy a crossbar tranzitközpont megfelelő adó- és vevőáramkörök segítségével max. 1 Mbit/s sebességig jó minőségű átvitelt biztosít. A 64 kbit/s és 1 Mbit/s közötti tartományban a hibaarány közel azonos nagyságrendben mozgott. 1 Mbit/s és 200 kbit/s között az óránkénti

hibák száma közel azonos volt, amiből következik, hogy a bitsebesség csökkenésével a hibaarány nő (5-ször lassúbb átvitelhez 5-ször akkora a hibaarány). Feltevésünk az, hogy a PCM-et zavaró áthallott impulzusok szélessége μs nagyságrendbe esik. Ezek az impulzusok elég ritkán lépnek fel ahhoz, hogy közel azonos számú bitre fejtsenek ki zavaró hatást mindaddig, míg szélességük alapján elég nagy valószínűséggel a mintavételi időpontra hatnak. Ez kb. az 1 Mbit/s és 200 kbit/s sebességtartományban áll fenn. 64 kbit/s sebességű impulzuszólyam esetén már újra csökken a hibavalószínűség. Így ennél a sebességnél a hibaarány már nem romlik, hanem javul, de nem számottevően.

A hibaarány tehát nem indokolná a kisebb sebességű átvitelt, ezt esetleg csak a szükséges tárolókapacitás csökkentése indokolja. 1 Mbit/s sebességnél a szükséges késleltetés méréseinkben majdnem 3 bitet is elért, míg 64 kbit/s sebességen ugyanazon az összeköttetésen még 1 bit sem volt. Az áramkörök közötti szórás figyelembevételére legalább ilyen tárolóméret-rugalmasság látszik célszerűnek.

Köszönetnyilvánítás

Dr. Kozma László egyetemi tanárnak a munka alapgondolatáért és a közben kapott hasznos tanácsokért, a Takács Kálmán oki. villamosmérnök vezette crossbar csoportnak pedig a mérés során nyújtott segítségért szeretnénk hálás köszönetet mondani.

Függelék (konfidenciaszámítás)

A konfidenciaszámítást a hibák binomiális eloszlását feltételezve végeztük el. Hibacsomósodás esetén (amikor egy hiba létrejötte után néhány bitnyi ideig a hibavalószínűség aktuálisan megnő) a valószínűságnál nagyobb megbízhatóságot (kisebb konfidenciaintervallumot) kapunk.

A binomiális eloszlás konfidenciahatárait elég nagy n kísérletszám (itt a mért elemi jelek száma) és elég kis P_m relatív gyakoriság (itt a mért hibaarány) esetén a következő közelítés adódik:

$$P_{1,2} \approx P_m \pm \lambda \sqrt{\frac{P_m}{n}}, \quad (1)$$

ahol λ az $(1 - \varepsilon)$ megbízhatósági szinttel a következő összefüggésben van:

$$1 - \varepsilon = 2\Phi(\lambda) - 1,$$

azaz

$$\lambda = \Phi^{-1}\left(1 - \frac{\varepsilon}{2}\right),$$

ahol

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right) du$$

a normális eloszlásfüggvény. 99%-os, 95%-os és 90%-os megbízhatósági szint esetében ε értéke rendre

0,01, 0,05 és 0,1, tehát $\left(1 - \frac{\varepsilon}{2}\right) = 0,995, 0,975$ és 0,95.

Ezekhez az értékekhez a következő Φ^{-1} függvény-értékek tartoznak:

$$\Phi^{-1}(0,995) = 2,58$$

$$\Phi^{-1}(0,975) = 1,96$$

$$\Phi^{-1}(0,95) = 1,65.$$

Az (1) képletet érdemes átalakítani. Ha figyelembe vesszük, hogy $P_m = \frac{h}{n}$, ahol h a mért hibás bitek száma, akkor

$$P_{1,2} \approx P_m \pm P_m \frac{\lambda}{\sqrt{h}}, \quad (2)$$

így $\frac{\lambda}{\sqrt{h}} \cdot 100$ a λ -hoz tartozó megbízhatósággal megadja a valódi értéknek a mérés eredményeitől való %-os eltérését.

A (2) képlet alkalmas a mérés tervezésére is. Ha pl. 95%-os biztonsággal szeretnénk $\pm 5\%$ -on belül ismerni a valódi értéket, akkor

$$\frac{100 \cdot 1,96}{\sqrt{h}} = 5,$$

amiből

$$h = (20 \cdot 1,96)^2 \approx 1600,$$

azaz annyi ideig kell mérni, amíg legalább 1600 hiba nem jön létre.

I R O D A L O M

- [1] PCM tranzitálás. BME Vezetékes Híradástechnika Tanszék tanulmánya, 1969.
- [2] PCM tranzitálás — Impulzusátvitel vizsgálata távbeszélőközpontokon I. rész. Vezetékes Híradástechnika Tanszék tanulmánya, 1970.
- [3] Balogh P.—dr. Kozma L.—dr. Tarnayné Bártfai É.—dr. Varga A.: PCM tranzitálás — Impulzusátvitel vizsgálata távbeszélőközpontokon II. rész. 1971.
- [4] CCITT White Book, Vol. VIII, The International Telecommunication Union, 1969.