

Csomagszórású rádióterminál adatátviteli sebességének növelése

ETO 621.376:621.396.4:681.327.8

A véletlen időosztáson, ill. csomagszórásán alapuló rádióhálózatokban a rendszer jellemzői nagymértékben függenek a rádiócsatorna adatátviteli sebességétől. Ez a tény nyilvánvaló, hiszen a véletlen időosztásos eljárások azt használják ki, hogy párbeszédés üzemben a felhasználók aktivitása kicsi (azaz az üzenet elkészítési idejének és az üzenetcsomag továbbítási idejének az aránya nagy). Tipikus értékek a kb. 60 s előkészítési idő és — 80 karakteres csomag, valamint 1200 bit/s sebesség figyelembevételével adódó — kb. 0,6 s csomagtovábbítási idő tekinthető. A véletlen időosztású csatornán alkalmazott protokollon kívül a fenti értékek határozzák meg azt, hogy adott átlagos csomagkéseletési idő esetén hány felhasználó (terminál) tud egyszerre működni a csatornán, ill. fordítva, adott terminálszám esetén mennyi lesz az átlagos késeletetés.

A fenti jellemzők a rádiócsatorna adatátviteli sebességének növelésével ráadásul nem egyszerűen arányosan javulnak, hanem ennél nagyobb mértékben. Kimutatható, hogy bizonyos, itt nem részletezett felhasználói viselkedést alapul véve, 1...2 s nagyságú átlagos késeletetéssel, 1200 bit/s sebességű csatornán kb. 8...13, 9600 bit/s sebesség esetén pedig kb. 140...170 terminál szolgálható ki [1].

A rádiós adatátvitelt véletlen időosztásos hálózatokban több gyakorlati ok miatt egyértelműen a széles körben alkalmazott URH rádiótelefon berendezésekkel célszerű megvalósítani. E készülékek eredendően beszédátvitelre készülnek, s fő jellemzőjük, hogy a kb. 3—3,5 kHz-re határolt hangfrekvenciás sávot fázismodulációval sugározzák ki, olyan modulációs tényezőt alkalmazva, hogy a 20, ill. 25 kHz (esetleg 12,5 kHz) csatornatávolsággal a szomszéd csatornába bejutó zavarok szintje előírt érték alatt maradjon.

Ezeket a berendezéseket alkalmassá kell tenni adatátvitelre általában, ill. üzenetcsomagok továbbítására, speciális igényeinknek megfelelően. Kézenfekvő és a rádiótelefon készülékben csupán lényegesen változtatásokat igénylő megoldást kapunk, ha az adatforrás és a rádiótelefon hangfrekvenciás bemenete közé modemet iktatunk. E módszert — mivel meg szeretnénk különböztetni a másik, jelen munka tárgyát képező eljárástól — segédvívós módszernek nevezzük.

Modulációs módszerként a szokásos digitális amplitúdó-, frekvencia- és fázismodulációs eljárások számos változata jöhet szóba. Az irodalomban több vizsgálatot közöltek arra vonatkozóan, hogy milyen modulációs eljárásokkal lehet a rendelkezésre álló sávot kihasználni, és mekkora legnagyobb sebességet

lehet elérni. Példaképpen egy 5 kHz hangfrekvenciás sáv szélességű rádiótelefonon végzett mérések eredményeit összefoglalva, kitűnik, hogy 4,8 kbit/s sebességű átvitel több módszerrel is elérhető, sőt speciális kódolási technikát alkalmazva 9,6 kbit/s-ra is van lehetőség elfogadható hibaarány és kisugárzott sáv szélesség mellett [2]. A sebesség növelésével azonban várhatóan ugyanolyan mértékben nő a készülékek bonyolultsága és költsége, mint a telefonsávi modemknél.

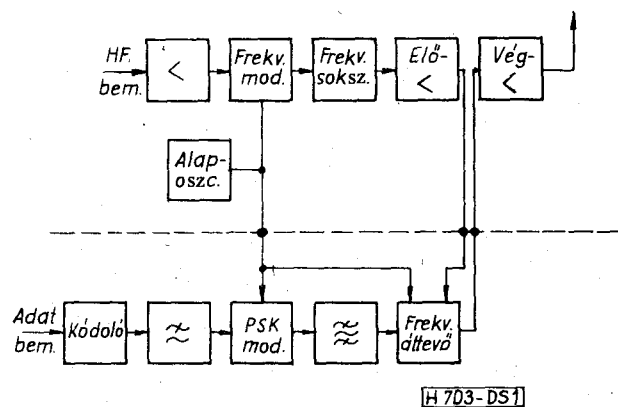
Egy másik lehetőség rádiótelefonokon történő adatátvitelre a kisugárzott vívó közvetlen modulációja valamilyen alkalmas eljárással. Lineáris modulációval a rendelkezésre álló kisugárzott sáv szélességet az FM-nél lényegesen hatékonyabban használhatjuk ki, ill. egy adott sebességet a segédvívós változathoz egyszerűbb eszközökkel és jobb jellemzőkkel érhetünk el.

Jelen munkában ismertetünk egy bináris fázismodulációt alkalmazó változatot, amelyet a BRG FM 10—164 típusú készülékéhez dolgoztunk ki annak szem előtt tartásával, hogy a gyári készülékekben a lehető legkevesebb változtatásokat kelljen tenni. A következőkben először a tervezés során tett megfontolásainkat és magát a közvetlen modulációs egységet ismertetjük vázlatosan, majd a hibaarány-mérések eredményeit.

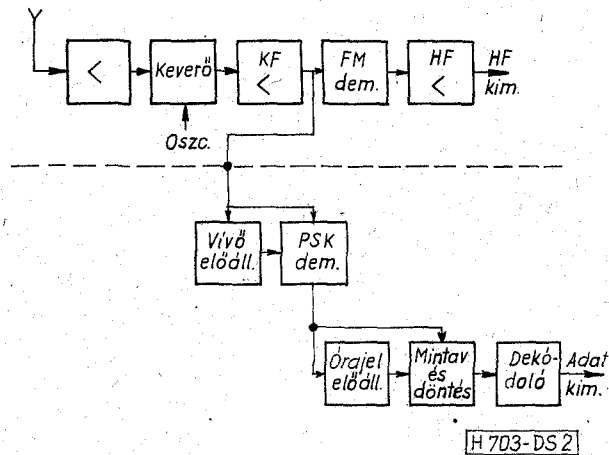
A közvetlen moduláció megvalósítása

A megvalósított rendszer adó oldalát az 1. ábrán, vevő oldalát a 2. ábrán látható tömbvázlat illusztrálja. Az ábrákon a szaggatott vonal felett a rádiótelefon megfelelő részeit, alatta pedig a közvetlen modulációt, ill. demodulációt megvalósító egységeit tüntettük fel.

A modulátorrész kialakításánál az egyszerű felépítés és megvalósítás volt a cél. PSK modulátorként



1. ábra. A modulátorrész és csatlakozása a rádiótelefon adójához



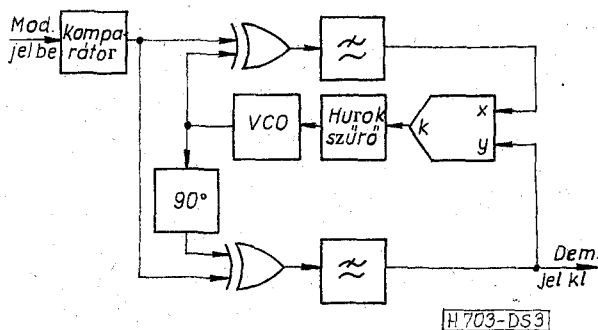
2. ábra. A demodulátorrész és csatlakozása a rádiótelefon vevőjéhez

kiegyenlített szorzót alkalmaztunk, s magát a modulációt — nem elvi, csupán megvalósítási okok miatt — nem a végleges, 160 MHz körüli frekvencián végeztük el, hanem a rádiótelefon adó alaposzcillátorának jelét felhasználva, kb. 9 MHz-en. A modulált jelet azután megfelelő sávkorlátozás után egy frekvenciáttevő egység helyezte át a végleges frekvenciára.

A modulátorra az adatjel egy egyszerű differenciális kódolón és egy jelformáló szűrőn át kerül.

Látható az ábrán, hogy a modulátoroldal megvalósításához a rádiótelefon-adó csaknem minden egységét felhasználtuk, a hangfrekvenciás rész és az FM modulátor kivételével. A csatlakozásokhoz nem volt szükség konstrukciós beavatkozásokra.

A demodulátorrész tervezése során a jó rendszerjellemzők elérése érdekében hatékonyabb megoldásokat kerestünk. Így a PSK jel demodulálásánál a szóba jövő eljárások közül a potenciálisan legkisebb hibavalószínűséget nyújtó koherens (szinkron) demodulálást választottuk. Az elnyomott vivőjú modulált jelből a vivő előállítását pedig fáziszárt követő rendszerre volt célszerű bízni, mivel össze kellett egyeztetni azt a két ellentmondó követelményt, hogy (i) a vivőszűrő zajsávzsélessége lehetőleg kicsi legyen, ugyanakkor (ii) a demodulátor „találja meg” a jelet a rádiótelefon vivőinek instabilitása által meghatározott bizonytalansági tartományon belül. Több fáziszárt rendszer kínálkozott alkalmasnak a fenti feladatok ellátására, mi a Costas-hurkot választottuk, amely a vivőelőállítást és a demodulálást



3. ábra. A Costas-hurk demodulátor tömbvázlata

egyszerre valósítja meg (a 3. ábrán e két egységet külön tüntettük fel).

A Costas-hurk demodulátor méretezéséről és megvalósításáról itt részletesen nem szólnunk. Az ágakban elhelyezett szűrőket RC integráló tagokkal valósítottuk meg, kb. 15 kHz törésponti frekvenciával. A hurokszűrő a szokásos ejtő-emelő típusú, 67, ill. 94 Hz-es törésponti frekvenciákkal. A demodulátor áramköri kialakítására a működési frekvenciából adódóan a vegyes, analóg-digitális technika jellemző. Az ágbeli szorzók antivalencia kapukkal, míg a belső szorzó analóg szorzóval lett megvalósítva. A VCO kvarccal stabilizált gyári integrált áramkör. A fázistolást digitális késleltetéssel oldottuk meg.

A demodulátorrész másik nagy egységét a mintavevő és döntő, valamint a dekódoló áramkörök alkotják. E feladatok ellátására ismert, gyakorlatban jól bevált megoldások közül választhattunk. Itt legfeljebb azt említjük meg, hogy kísérleti céljainknak megfelelően több beállítási lehetőségről gondoskodtunk (ilyen pl.: a mintavevő impulzusok helyzete).

A demodulátorrész a rádiótelefon vevőjéhez a KF erősítő utolsó fokozatánál csatlakozik. Itt is, akár csak a modulátor oldalon, lényegében konstrukciós beavatkozás nélkül. A megfelelő elválasztásról emittérkövetők beépítésével gondoskodtunk.

A tulajdonképpeni modulációs és demodulációs feladatok ellátásáról szövegtünk idáig. Az ezeket megvalósító egységeket a terminállal egy illesztő egység kapcsolja össze. Az illesztésnél abból indultunk ki, hogy a terminál V24-es szabványos interfacelásson, az egyes vezérlő jelek azonban speciális feladatokat látnak el, ill. a sajátos alkalmazásnak megfelelően jönnek létre. Például az adáskérés (105. sz.) jel egy alkalmas kapcsoló áramkör segítségével az adó tápfeszültségét kapcsolja be (így az előírásoknak megfelelően a rádiótelefon csak információ közlése esetén sugároz ki vivőt).

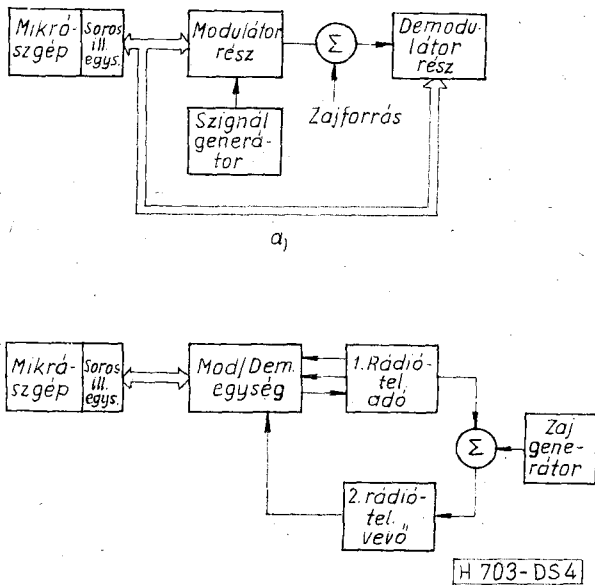
Az adásengedély (106) jelet pedig egy olyan áramkör állítja elő, amely az adó kimenetén figyelni a jel megjelenését. A vett jel érzékelését egy, a rádiótelefon vevőjének KF erősítőjére csatlakozó, gyors működésű áramkör végzi.

Mérési módszerek és eredmények

Az elkészült modulátor—demodulátor egység üzemi próbáira — tényleges rádióterminál-szolgáltatásban — jelen cikk megírásának időpontjáig még nem került sor. Ezért itt csupán az egység laboratóriumi vizsgálatának módszerét és a mérések eredményeit ismertetjük.

A kísérleteket egyetlen modulátor—demodulátor egység hurokba kapcsolásával, a 4. ábra szerinti kétféle elrendezésben végeztük.

A mérések az intézetben megvalósított Intel 8080 alapú mikroszámítógépet használtuk, amely — egy erre a célra készített program segítségével — adatforrásként és hibakiértékelő egységként is szolgált. A mikroszámítógép univerzális soros be-kimeneti egysége közvetlenül alkalmas volt a modulátor—demodulátor egységhez való csatlakoztatásra.



4. ábra. Kísérleti összeállítás a hibaaránymérésekhez: a) mérés közbenső frekvencián, b) mérés a rádiótelefonokon keresztül

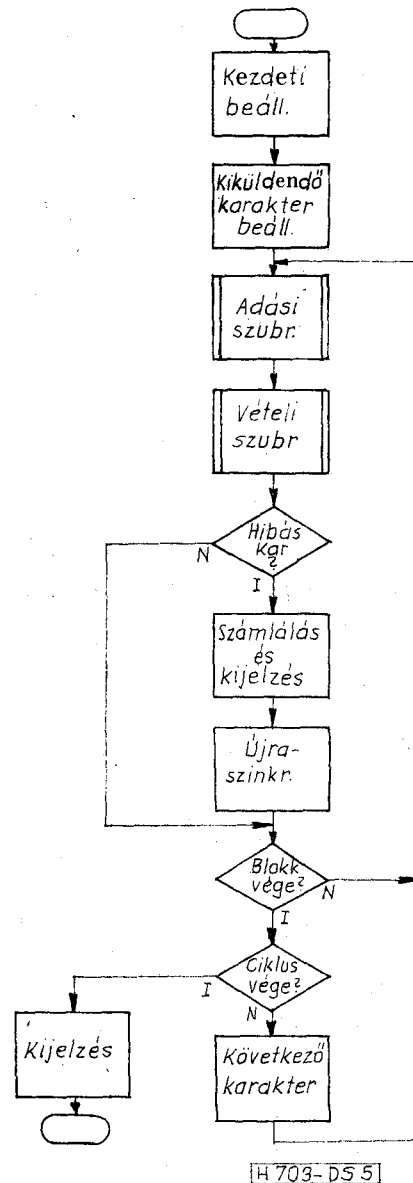
Az adatforrásként szolgáló, ill. a hibaarányt mérő program a tervezett alkalmazás körülményeit utánozta le többféle üzemmódban és beállítási, ill. kiértékelési lehetőséggel. A méréseknél használt egyik üzemmódban (1. az 5. ábra folyamatábráját) 256 karakteres blokkokat küld ki a program, egy blokkon belül azonos, blokkonként pedig különböző karakterekkel, és kijelzi az egyes blokkokon belül meghibásodott karakterek, ill. bitek számát, majd a ciklus végén a teljes hibaszámot. Hibásan vett karakter esetén a következő kiküldése előtt a soros ki-bemeneti egységet a program újraszinkronizálja, azaz byte-szinkron karaktert keres, és annak felismerése után küldi csak ki a következő karaktert.

A fent leírt módszer már a demodulátor rész vivő- és bitszinkronizáló áramköreinek beállításánál hasznosnak bizonyult.

A hibaarány-méréseket a 4a ábra szerinti összeállításban, egy olyan zajforrás segítségével végeztük, amely 10,7 MHz-en kb. 30 kHz sávzélességben közel fehér zajt állított elő. Ennek nagyságát s ezzel a jel-zaj viszonyt csillapító beiktatásával változtattuk. Előzetesen néhány pontban végeztünk mérést. 12 dB-es jel-zaj viszonynál a hibaarány jobb volt, mint 10^{-7} , 8 dB-es jel-zaj viszonynál kb. $2 \cdot 10^{-4}$ -es hibaarányt mértünk. A kapott eredmények jó összhangban vannak a koherens PSK demodulálásra additív fehér gaussi zaj esetén jellemző, ismert értékekkel.

Összefoglalás

Véletlen időosztásos rádióterminál-hálózatokban a terminálszám növelésének egyik hatásos módja a rádiócsatorna adatátviteli sebességének növelése. Jelen munkánkban erre a célra közvetlen modulációs eljárást javasoltunk, amelynek segítségével a rádiótelefon-csatornát hatékonyabban ki lehet használni, mint az ismert segédvivős módszerekkel. A kísérleti



5. ábra. A hibaaránymérő program folyamatábrája

eredmények alapján állíthatjuk, hogy különösebb jellemzői követelmények nélkül, aránylag egyszerű eszközökkel valósíthatunk meg 10 kbit/s körüli sebességet.

Az ismertetett modulátor–demodulátor egység áramköreinek tervezését Molnár József és Szakács László 1978-ban, ill. 1979-ben végzett oki. villamosmérnökök végezték diplomatervezésként. A szerzők köszönetet mondanak értékes munkájukért.

IRODALOM

- [1] Dallos Gy.—Szabó Cs.: Simulating Electronically the Performance of a Low-Rate Multiple Access Radio Channel. Proc. of the 6th Colloquium on Microwave Communications, Budapest, August 1978.
- [2] Zegers, L. E.—Dekker, C. B.: Comparison of Digital Transmission Techniques for Standard FM Mobile Radio Sets. IEEE Trans. on Communications, March 1977.