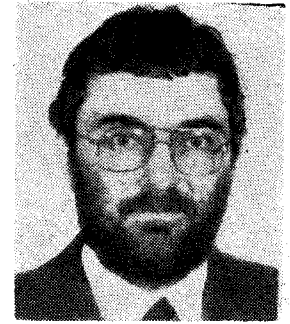


Differenciális-kódoló struktúrák szisztematikus előállítására

DR. HANZÓ LAJOS—HINSENKAMP LÁSZLÓ—UHERECZKY LÁSZLÓ
Távközlési Kutató Intézet



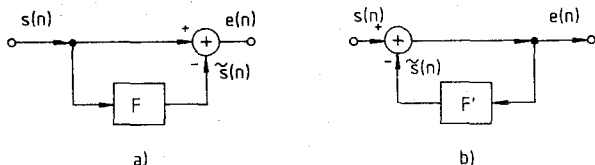
ÖSSZEFOGLALÁS

Differenciális kódolóknak a differenciajel vagy előrecsatolással vagy hátracsatolással képezhető. Kihasz-
nálva azonban az egy be- és kimenetű jelfolyamháló-
zatok transzponálhatóságát további kódoló és dekó-
doló struktúrák adódnak, amelyek egymással lineáris-
an ekvivalensek. Az így előállítható hálózatok táblá-
zatos összefoglalása után megvizsgáljuk közös és el-
térő tulajdonságaikat, s módszerünk alkalmazását a
delta-moduláció gyakorlati példáján demonstráljuk.

1. Bevezetés

A differenciális kódolás azon a felismerésen alap-
szik, hogy két szomszédos mintavétel között a jel
megváltozása mindig kisebb, mint maga a jel, s
ezért a jel megváltozása kevesebb bittel kódolha-
tó, mint a jel egy-egy mintája. Ez nyilvánvalóan
csak akkor igaz, ha a jel a mintavételi sebesség-
hez képest lassan változik, más szóval, ha a jel-
ből vett minták messzemenően nem függetlenek
egymástól. A különbségi jel $e(n)$ mintái vagy a
feldolgozandó jelsorozat $s(n)$ megelőző mintái-
ból (ld. 1. a. ábra), vagy a különbségi jel korábbi
mintáiból és a feldolgozandó jelsorozatból (ld. 1. b.
ábra) állíthatók elő. Az első esetet előrecsatolás-
nak, a második esetet hátracsatolásnak nevezzük.
Az 1. ábra sémái indokolják az elnevezések jogos-
ságát.

A fentiekre építve és kihasználva az egy be- és
kimenetű jelfolyamáramkörök transzponálható-
ságát, a dolgozatban módszert adunk a lineárisan
ekvivalens differenciális kódoló/dekódoló struk-
túrák szisztematikus generálására, ismertetjük az
így előállítható hálózatokat, s megmutatjuk, hogy
milyen egymástól eltérő tulajdonságaik vannak.
Végül módszerünk gyakorlati alkalmazását egy
egyszerű példán demonstráljuk.



H-151-1

1. ábra. Differenciajel képzése az $s(n)$ jelből a) előre-
csatolással, b) hátracsatolással

Beérkezett: 1986. I. 3. (□)

Híradástechnika XXXVII. évfolyam, 1986. 12. szám

DR. HANZÓ LAJOS

A BME Híradástechnika Szakán végzett 1976-
ban, s diplomatervével,
valamint TDK dolgo-
zatával pályázatot nyert.
Azóta a TKI tudomá-
nyos munkatársa. 1980-
ban egy évet dolgozott az
erlangeni egyetemen
(NSZK), 1982-ben szak-

mérnöki diplomát, 1983-
ban egyetemi doktori
fokozatot szerzett, 1984-
ben Pollack—Virág
díjjal, 1985-ben pedig
OMFB szabadalmi pá-
lyadíjjal tüntették ki.
Szakmai érdeklődési kö-
rébe az információát-
vitellel kapcsolatos jel-
feldolgozási és rendszer-
technikai problémák tar-
toznak.

2. Az ekvivalens struktúrák

Az 1. ábrán látható módon az $e(n)$ különbségi jel
mindkét esetben az $s(n)$ sorozat és annak becslüt
változatának $\tilde{s}(n)$ különbségeként adódik. Az
1.a. ábra előrecsatolós sémájában az F egy lineáris
hálózat, amely az $s(n)$ jelenlegi és korábbi ér-
tékeinek, illetve az $\tilde{s}(n)$ korábbi értékeinek lineáris
kombinációjával állítja elő az $\tilde{s}(n)$ sorozat jelen-
legi értékét. Az F hálózat tehát egy becslő áram-
kör, szokásos elnevezése: prediktor. Hasonló
gondolatmenet alapján az F' hálózatot integrá-
tornak nevezzük (1.b. ábra).

Az eredeti jelnek a különbségi jeltől való vissza-
állításához írjuk fel a két különböző struktúra
átvitelét. Az 1.a. ábrából az előrecsatolós struk-
túrára írható:

$$e(n) = s(n) - \tilde{s}(n), \quad (1)$$

$$\frac{e(n)}{s(n)} = 1 - \frac{\tilde{s}(n)}{s(n)}, \quad (2)$$

z-transzformáció után:

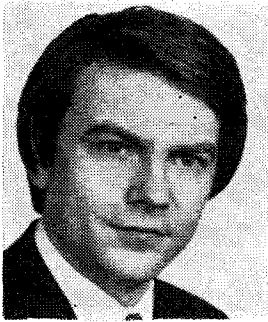
$$H_e(z) = \frac{E(z)}{S(z)} = 1 - \frac{\tilde{S}(z)}{S(z)} = 1 - F(z). \quad (3)$$

Hasonló gondolatmenettel az 1.b. ábra szerinti
hátracsatolós struktúra átvitele:

$$H_h(z) = \frac{E(z)}{S(z)} = \frac{1}{1 + F'(z)}. \quad (4)$$

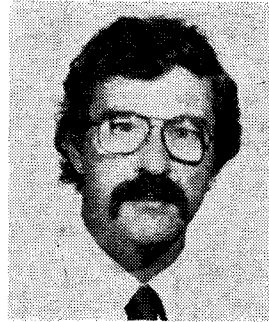
A visszaállító átvitele a különbségképző átvitelé-
nek reciproka kell legyen. A (3) összefüggésből
az előrecsatolós különbségképzőhöz tartozó visz-
zaállító átvitele:

$$\frac{1}{H_e(z)} = \frac{1}{1 - F(z)}, \quad (5)$$



HINSENKAMP
LÁSZLÓ

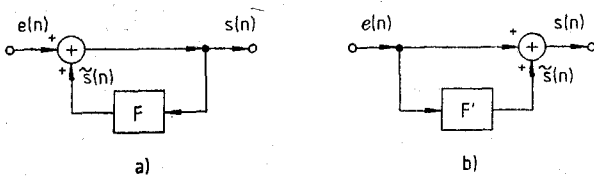
A BMÉ Híradástechnika Szakán végzett 1970-ben. Három évig a BMÉ Mikrohullámú Híradástechnika Tanszékén dolgozott, azóta a Távközlési Kutató Intézet munkatársa. 1974-ben szakmérnöki diplomát szerzett. 1983-ban háromhónapos tanulmányutat tett a bochumi egyetemen (NSZK), Szakmai érdeklődése a digitális hírközléssel kapcsolatos rendszertechnikai problémákra terjed ki.



UHEBECKY
LÁSZLÓ

A BMÉ Híradástechnika Szakán végzett 1966-ban. 1966—1977 között a Telefongyárban

dolgozott a fejlesztésben, 1973-tól a Számítástechnikai Fejlesztési Főosztály vezetőjeként. 1977-től a TKI tudományos osztályvezetője. 1970-ben ösztöndíjként dolgozott Japánban a Fujitsu Ltd-nél és a Tokio egyetemen folytatott tanulmányokat. 1978—79-ben a National Physical Laboratóriumban Angliában vendégkutatóként adatátviteli protokollok jellemzőinek vizsgálatával foglalkozott. Szakmai érdeklődése számítógépes kommunikáció, mikroprocesszoros rendszerek.



H-151-2

2. ábra. Az $s(n)$ jel visszaállítása a differenciájából a) előreccsatolással, b) hátracsatolással,

a hátracsatolásos visszaállító átvitele:

$$\frac{1}{H_h(z)} = 1 + F'(z). \quad (6)$$

Az (5) és (6) átviteletet megvalósító hálózatokat a 2. ábrán tüntettük fel.

A kétféle különbségképzési eljárás az F és F' hálózat célszerű megválasztásával egymásba átszámítható. Az előreccsatolásos különbségképző (3) szerinti átvitelében $F(z)$ helyére $F'(z)/1 + F'(z)$ írva épp a hátracsatolásos struktúra átvitelének megfelelő alakot kapunk:

$$H_e(z) = 1 - \frac{F'(z)}{1 + F'(z)} = \frac{1}{1 + F'(z)}, \quad (7)$$

és a hátracsatolásos különbségképző (4) szerinti átvitelében $F'(z)$ helyére $F(z)/[1 - F(z)]$ -t írva az előreccsatolásosnak megfelelő alakhoz jutunk:

$$H_h(z) = \frac{1}{1 + \frac{F(z)}{1 - F(z)}} = 1 - F(z), \quad (8)$$

azaz a kétféle struktúra a csatolóhálózat [$F(z)$, illetve $F'(z)$] alkalmas megválasztásával egymással ekvivalenssé tehető.

Ha figyelembe vesszük, hogy egy bemenetű és egy kimenetű jelfolyamhálózatokban a jelek iránya megfordítható, azaz a hálózat transzponálható [1], akkor a differencia előállítására szolgáló harmadik féle struktúrát kapjuk. Az így nyerhető ekvivalens lineáris hálózati struktúrákat a 3. ábrán foglaltuk össze. A táblázat sorait és oszlopait betűkkel és számokkal megjelöltük az egyszerűbb hivatkozás érdekében.

3. A kvantálás hatása

Hangsúlyozni kell, hogy a 3. ábra hálózatai csak lineárisan ekvivalensek. Ha a hálózatokban a digitális átvitelhez szükséges kvantálót is figyelembe vesszük, az ekvivalencia már nem áll fenn, azaz a kvantálási hiba szempontjából a 3. ábra áramkörei különbözőképpen viselkednek. A legkézenfekvőbb megoldás — az 1.a. típusú kódoló után alkalmazott kvantáló — a dekódolás után a kvantálási hiba halmozódásához vezet [2].

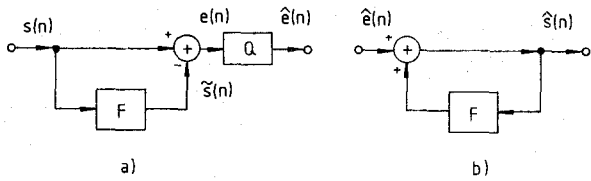
Megnevezés		Eredeti hálózat	Ekvivalens hál.	Transzponált hál.
		a)	b)	c)
Előreccsatolás	Különbségképző $H_e(z) = 1 - F(z)$			
	Visszaállító $\frac{1}{H_e(z)} = \frac{1}{1 - F(z)}$			
Hátracsatolás	Különbségképző $H_h(z) = \frac{1}{1 + F'(z)}$			
	Visszaállító $\frac{1}{H_h(z)} = 1 + F'(z)$			

HÍRADÁSTECHNIKA

86/10

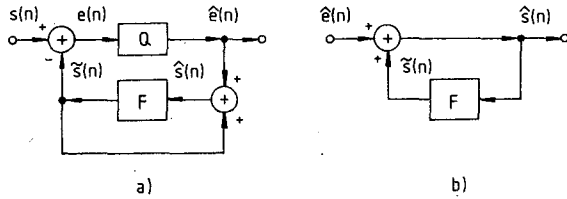
H-151-3

3. ábra. Lineárisan ekvivalens differenciaképző hálózatok



H-151-4

4. ábra. Kvantálással kiegészített differenciális kódolás
a) 1.a. típusú kódolóval, b) 2.a. típusú dekódolóval



H-151-5

5. ábra. Kvantálással kiegészített differenciális kódolás
a) 1.b. típusú kódolóval, b) 2.a. típusú dekódolóval

A 4. ábrán a Q -függvény memóriamentes nemlineáritás, és:

$$\hat{e}(n) = Q\{e(n)\}. \quad (9)$$

Mindkét sorozatnak értelmezhető a Z transzformáltja, $E(z)$ és $\hat{E}(z)$.

A 4b. ábra visszaállítója kvantálás nélkül hibátlanul állítaná vissza az $s(n)$ sorozatot:

$$S(z) = \frac{1}{H_e(z)} \cdot E(z) = \frac{1}{1-F(z)} \cdot E(z). \quad (10)$$

A kvantált sorozatból azonban csak a közelítő $\hat{s}(n)$ sorozat állítható vissza:

$$\hat{S}(z) = \frac{1}{1-F(z)} \hat{E}(z). \quad (11)$$

A visszaállítási hiba:

$$S(z) - \hat{S}(z) = \frac{1}{1-F(z)} [E(z) - \hat{E}(z)], \quad (12)$$

azaz a kódoló kvantálási hibája $[E(z) - \hat{E}(z)]$ a dekódolóban $[1-F(z)]^{-1}$ -gyel szorzódik, ami $F(z) \approx 1$ esetén igen nagy lehet.

Ezzel szemben ha az 1.b. típusú különbségképzőhöz az 5. ábra szerint illesztjük a kvantálót, és ismét a 2.a. típusú visszaállítót alkalmazzuk, akkor a kvantálási hiba a kódolóban:

$$\Delta e(n) = \hat{e}(n) - e(n). \quad (13)$$

Az $e(n)$ jelet az 5a. ábra alapján (13)-ba helyettesítve:

$$\Delta e(n) = \hat{e}(n) - s(n) + \tilde{s}(n). \quad (14)$$

A (14) összefüggésben $\hat{e}(n) + \tilde{s}(n) = \hat{s}(n)$ -et helyettesítve a kódoló kvantálási hibájára:

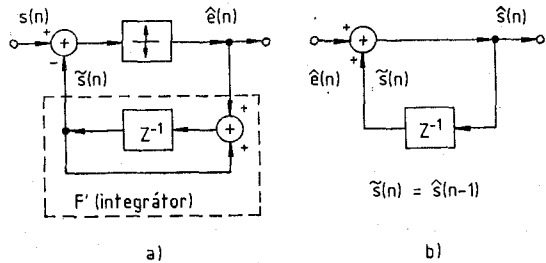
$$\Delta e(n) = \hat{s}(n) - s(n) \quad (15)$$

írható, ami nem más, mint a visszaállított jel eltérése az eredeti jeltől (5.b. ábra), azaz ebben a struktúrában a visszaállított jelsorozat pontosan a kódoló kvantálási hibája figyelhető meg.

4. A deltakódoló példája

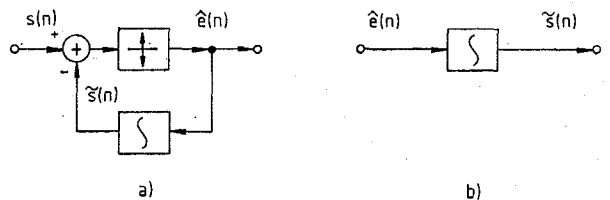
A 3. ábrabeli táblázat használatát egy egyszerű példán mutatjuk meg. Legegyszerűbb esetben az F prediktor azt jósolja, hogy a bemeneti jel a következő mintavétel idejéig nem változik meg, azaz az F áramkör egységnyi késleltetés, és a kvantáló egy bites, azaz egy komparátor. Ezt az esetet deltamodulációknak nevezzük. Az 1.b. típusú deltakódolót és a 2.a. típusú deltadekódolót a 6. ábrán tüntettük fel. A 6.a. ábra nem más, mint egy olyan 3.a. típusú kódoló, melynek F hálózata egy digitális integrátor. Ha a 6.b. ábrán a dekódoló kimenőjelét a késleltetés után vezetjük el, akkor ez az F integrátor egyben dekódoló is (7. ábra).

A különböző kódolási eljárások az adaptivitás alkalmazásával finomíthatók. Adaptív vá a kvantálás (egynél több bit alkalmazása esetén) és a predikció tehető. Dekódoláshoz a predikciós paramétereket vagy külön átvisszük a csatornán, vagy a visszaállított jelből a dekódolóban állítjuk elő. Az első esetben a csatorna kapacitásának egy részét a kommunikáció szempontjából érdektelen adaptációs paraméterek átvitelére kell fordítani, míg a második esetben az átvitel során keletkező hibák nem csak a visszaállított jelet hamisítják meg, hanem az adaptációs paraméterek elrontásával hosszú időre megzavarhatják a dekódoló működését. A vonali hibák hatását mérlegelve észre kell venni, hogy a predikció memóriája nem lehet korlátlanul nagy. A vonali hibák hatása — mivel a kódoló és a dekódoló memóriája megegyezik —, a prediktor emlékezetének idejéig tart. A vonali hibákkal szemben ellenálló, robusztus kódolási eljárásnak tehát csak rövid idejű emlékezettel szabad rendelkeznie.



H-151-6

6. ábra. Deltakódolás az előrecsatolásos modellből levezetve
a) Kódoló, b) Dekódoló



H-151-7

7. ábra. Deltakódolás a hátracsatolásos modellből levezetve
a) Kódoló, b) Dekódoló

5. Konklúzió

Differenciális beszédkódolók vizsgálata során feltártuk a különböző struktúrák közös és egymástól eltérő tulajdonságait, ami elősegítette egységes rendszerbe foglalásukat. Ezáltal lehetőség nyílik a megvalósítás konkrét célkitűzéseihez leginkább illeszkedő realizáció kiválasztására. Megemlítjük még, hogy a hálózatok transzfer függvényéből kiinduló osztályozásról számol be [5], s a két úton nyert struktúrák rokonsága könnyen megmutatható.

I R O D A L O M

- [1] *S. J. Mason, H. J. Zimmerman*: Electronic Circuits, Signals and Systems. John Wiley and Sons, New York, London, 1964.
 - [2] *Gordos G., Takács Gy.*: Digitális beszédfeldolgozás, Műszaki Könyvkiadó, 1983.
 - [3] *R. W. Schäfer, L. R. Rabiner*: Digital Processing of Speech Signals, Prentice Hall, 1978.
 - [4] *N. S. Jayant, P. Noll*: Digital Coding of Waveforms — Principles and Applications to Speech and Video, Prentice Hall, 1984.
 - [5] *S. K. Mitra, R. J. Sherwood*: Canonic Realizations of Digital Filters Using the Continued Fraction Expansion, IEEE Tr. on Audio and Electroacoustics, Vol. AU—20, No. 3, August 1972.
-