

Հ.Հ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ

ԹՎԱՅԻՆ ԿՈՄՊԱՆԴԵՐ

Դիտարկվում է թվային կոմպանդերի կառուցման եղանակ, առաջարկվում են վերջինիս գործնական իրականացման ալգորիթմը և սխեման:

Առանցքային բառեր. անալոգա-թվային կերպափոխիչ, սեղմիչ, ընդարձակիչ, կոմպանդեր, թվային կոմպանդեր:

Անալոգային ազդանշանի թվայնացումը ժամանակակից թվային բարձր տեխնոլոգիաների կենտրոնական գործընթացներից է և լայնորեն կիրառվում է կապի համակարգերում, բարձրորակ տեսա-ձայնագրման ու վերարտադրման ռադիոհեռասարքերում և այլն: Սակայն անալոգային ազդանշանի թվային կերպափոխման (ԱԹԿ) ժամանակ անխուսափելիորեն առաջանում է աղմուկ, որի մեծությունը, հետևաբար և համակարգի խանգարակայնությունը, կախված է քվանտացման քայլի մեծությունից, իսկ աղմուկի հզորությունն ուղիղ համեմատական է քայլի մեծության քառակուսուն [1]: Այդ պատճառով մեծ ամպլիտուդով ազդանշանները կոդավորվում են բարձր (նույնիսկ հավելյալ) ճշտությամբ, մինչդեռ փոքր ամպլիտուդով ազդանշանները, որոնք համաչափելի են քվանտացման քայլի հետ, թվայնացվում են շատ մեծ սխալներով կամ պարզապես կարող են կորչել աղմուկի մեջ՝ դրանով իսկ խափանելով համակարգի բնականոն աշխատանքը: Խնդրի լուծման երկու ճանապարհ գոյություն ունի:

1. Փոքրացնել քվանտացման (քայլն այնքան, որպեսզի այն շատ ավելի փոքր լինի նվազագույն ազդանշանի ամպլիտուդից՝ $\Delta \ll U_{\min}$, իսկ դա նշանակում է մեծացնել կոդի կարգայնությունը: Մասնավորապես $n \geq 12$ կարգայնությամբ կոդերի դեպքում խոսքի թվայնացումը և հետադարձ վերականգնումը կատարվում են բավարար որակով [2]: Սակայն դա հանգեցնում է սարքավորումների բարդացման, կապուղիների քանակի ավելացման (զուգահեռ հաղորդման ժամանակ) կամ ազդանշանների հապաղման (հաջորդական հաղորդման ժամանակ): Ուստի այս եղանակը կարելի է գործածել ոչ արագագործ համակարգերում:

2. Հեռահաղորդակցության բնագավառում այս խնդրի լավագույն լուծումը ազդանշանների սեղմումն է (կոմպրեսում) ԱԹԿ -ից առաջ և համապատասխան ընդարձակումը (էքսպանդերում) ընդունող ծայրում թիվ-անալոգային կերպափոխման (ԹԱԿ) ժամանակ: Այս երկու գործողությունները՝ կոմպրեսում-էքսպանդերում կոչվում է կոմպանդավորում:

Կան կոմպանդավորման բազմաթիվ եղանակներ: Մշակված են և լայնորեն կիրառվում են անալոգային կոմպանդերներ իրենց առավելություններով և թերություններով [3]: Սակայն շատ քիչ են հետազոտված և սակավ էլ կիրառվում են թվային կոմպանդերները: Թվային կոմպանդերներում անալոգային ազդանշանները թվայնացվում են մեծ կարգայնությամբ կոդերով ($n \geq 12$), այնուհետև դրանք սեղմվում են, այսինքն նվազեցվում է կարգայնությունը (օրինակ $m=8$), այնուհետև ավելի քիչ թվով կապուղիներով (կամ ավելի կարճ ժամանակամիջոցում) հաղորդվելով, ընդունող մուտքում համապատասխանաբար ընդարձակվում և վերականգնվում են նախնական

կողերը, որոնք այնուհետև կերպափոխվում են անալոգային ազդանշանի: Աշխատանքում առաջարկվում է թվային կոմպանդավորման եղանակ և համակարգչային մոդելավորման միջոցով ցուցադրվում է վերջինիս օգտագործման շահեկանությունը աղմուկի նվազեցման և, հետևաբար, ազդանշանների աղավաղումների նվազեցման տեսակետից:

Նվազագույն աղավաղումներ ապահովելու նպատակով իբրև ելակետային դրույթ ընդունենք, որ մեծ թվային կողից ավելի փոքրին անցնելիս, անհրաժեշտ է (բայց ոչ բավարար), որ դրանք լինեն հաստատուն ամբողջ դինամիկ տիրույթում: Այս պայմանն իրականացնող ալգորիթմը հետևյալն է. կոմպանդերի մուտքային կողի կարգերի թիվը նշանակենք n -ով, իսկ ելքային կողի կարգերի թիվը՝ m -ով ($n > m$), ելքային կողի տարրերը նշանակենք Y -ով, մուտքայինինը՝ X -ով: Ազդանշանի ամենափոքր կոդավորված I և II արժեքներին (00000, 00001), ինչպես նաև ամենամեծ արժեքին (11111) համապատասխանեցնենք ելքային կողի համապատասխանաբար 000, 001 և 111 արժեքները [4]:

$$\left| \begin{array}{l} Y_0 = X_0 \quad (000 = 00000), \\ Y_1 = X_1 \quad (001 = 00001), \\ Y_{(2^m-1)} = X_{(2^n-1)} \quad (111 = 11111): \end{array} \right. \quad (1)$$

Մնացած 2^m-3 կողերին համապատասխան ելքային կողեր ստանալու համար առաջնորդվում ենք այն սկզբունքով, որ յուրաքանչյուր ելքային կողին համապատասխանող անալոգային ազդանշանի կերպափոխման սխալանքը բացարձակ արժեքով չզերազանցի նույն հաստատուն թիվը՝ $\pm k$: Դրանից բխում է, որ ելքային կողի յուրաքանչյուր արժեքին համապատասխանող անալոգային ազդանշանի ամպլիտուդի և նախորդ կողին համապատասխանող անալոգային ազդանշանի ամպլիտուդի հարաբերությունը պետք է լինի հաստատուն թիվ $|K|$, այսինքն՝

$$\left| \begin{array}{l} Y_0 = X_0 \\ Y_1 = X_1 = (2^n - 1)^{-1} \\ Y_2 = Y_1 \cdot k \\ Y_3 = Y_2 \cdot k \\ \dots\dots\dots \\ Y_{2^m-1} = Y_{2^m-2} \cdot k \end{array} \right| \Rightarrow Y_{2^m-1} = Y_1 \cdot k^{2^m-2} \Rightarrow k = \sqrt[2^m-2]{2^n - 1}: \quad (2)$$

$Y_i = Y_1 \cdot k^{i-1}$ -ում ($i=1 \dots 2^m-1$) տեղադրելով Y_1 -ը, կստանանք $Y_i = (2^n - 1)^{\frac{i+1-2^m}{2^m-2}}$, որտեղ Y_i -ն ելքի i -րդ կողն է, n -ը՝ մուտքային կողի կարգը, m -ը՝ ելքային կողի կարգը:

Եթե Y_i -ի ստացված արժեքը տարբերվում է $Y_i = i \cdot \frac{1}{2^n - 1}$ բանաձևով հաշված արժեքից,

ինչը տրված մուտքի n կարգանի i -րդ կողի արժեքն է, ապա վերցվում է դրանից մեծը: Եթե ստացված արժեքն ընկած է լինում երկու հարևան կողերի միջև, ապա վերցվում է մեկ կարգով բարձր կողը: Որպես օրինակ դիտարկենք 5 կարգանի կողից 3 -ի ստացման դեպքը՝ $n=5, m=3$:

Քանի որ $Y_0=X_0$, $Y_1=X_1$, $Y_{(2^m-1)}=X_{(2^n-1)}$, ապա $Y_0=000$ ելքային զրոյական կոդին համապատասխանում է $X_0=00000$ մուտքային զրոյական կոդը, $Y_1=001$ -ին համապատասխանում է $X_1=00001$ -ը և $Y_7=111$ -ին $X_{31}=11111$ -ը :

Y_2 -ից մինչև Y_6 -ը հաշվում ենք հետևյալ բանաձևերով.

$$Y_i = (2^n - 1)^{\frac{i+1-2^m}{2^m-2}}, \quad \text{եթե} \left[(2^n - 1)^{\frac{i+1-2^m}{2^m-2}} \right] > \left[i \cdot \frac{1}{2^n - 1} \right],$$

$$Y_i = i \cdot \frac{1}{2^n - 1}, \quad \text{եթե} \left[i \cdot \frac{1}{2^n - 1} \right] > \left[(2^n - 1)^{\frac{i+1-2^m}{2^m-2}} \right]:$$
(3)

Դրանք են՝ $Y_2=0,064516$, $Y_3=0,101334$, $Y_4=0,179605$, $Y_5=0,318331$, $Y_6=0,564208$:

Ստորև բերված են X -երի արժեքներն ըստ (3) բանաձևերի և դրանց համապատասխանող կոդերը:

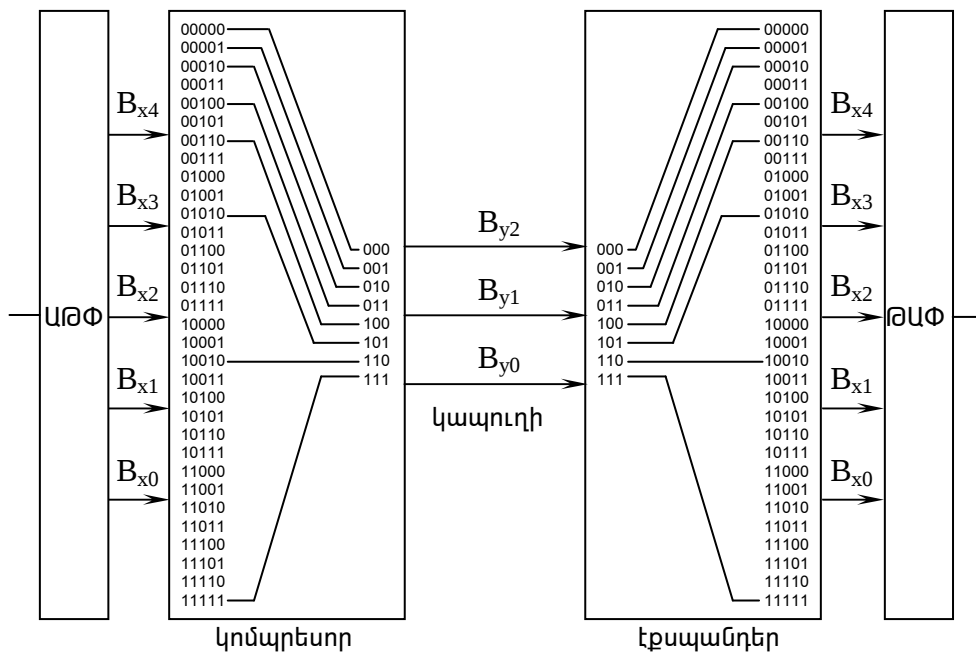
<i>Աղյուսակ</i>					
X_i	n [2]	n [10]	X_i	n [2]	n [10]
X0	00000	0=0,000000	X16	10000	16/(32-1)=0,516129
X1	00001	1/(32-1)=0,032258	X17	10001	17/(32-1)=0,548387
X2	00010	2/(32-1)=0,064516	X18	10010	18/(32-1)=0,580645
X3	00011	3/(32-1)=0,096774	X19	10011	19/(32-1)=0,612903
X4	00100	4/(32-1)=0,129032	X20	10100	20/(32-1)=0,645161
X5	00101	5/(32-1)=0,161290	X21	10101	21/(32-1)=0,677419
X6	00110	6/(32-1)=0,193548	X22	10110	22/(32-1)=0,709677
X7	00111	7/(32-1)=0,225806	X23	10111	23/(32-1)=0,741935
X8	01000	8/(32-1)=0,258064	X24	11000	24/(32-1)=0,774193
X9	01001	9/(32-1)=0,290322	X25	11001	25/(32-1)=0,806451
X10	01010	10/(32-1)=0,322580	X26	11010	26/(32-1)=0,838709
X11	01011	11/(32-1)=0,354838	X27	11011	27/(32-1)=0,870967
X12	01100	12/(32-1)=0,387096	X28	11100	28/(32-1)=0,903225
X13	01101	13/(32-1)=0,419354	X29	11101	29/(32-1)=0,935483
X14	01110	14/(32-1)=0,451612	X30	11110	30/(32-1)=0,967741
X15	01111	15/(32-1)=0,483870	X31	11111	1=1,000000

Եթե ստացված արժեքը գտնվում է երկու հարևան կոդերի միջև, ապա վերցվում է մեկ կարգով բարձր կոդը:

-	$Y_0=000$ -ը համապատասխանում է $X_0 = 00000$ -ին,
-	$Y_1=001$ -ը համապատասխանում է $X_1 = 00001$ -ին,
$Y_2=0.064516$ (0.064516 -> 00010),	$Y_2=010$ -ը համապատասխանում է $X_2 = 00010$ -ին,
$Y_3=0.101334$ (0.129032 -> 00100),	$Y_3=011$ -ը համապատասխանում է $X_4 = 00100$ -ին,
$Y_4=0.179605$ (0.193548 -> 00110),	$Y_4=100$ -ը համապատասխանում է $X_6 = 00110$ -ին,
$Y_5=0.318331$ (0.322580 -> 01010),	$Y_5=101$ -ը համապատասխանում է $X_{10}=01010$ -ին,
$Y_6=0.564208$ (0.580645 -> 10010),	$Y_6=110$ -ը համապատասխանում է $X_{18}=10010$ -ին,
-	$Y_7=111$ -ը համապատասխանում է $X_{31}=11111$ -ին:

Կապուղով հաղորդվում են $Y_0...Y_7$ կոդերը, իսկ կապուղու ելքում դրված էքսպանդերը 3 կարգանի կոդը կերպափոխում է 5 կարգանի կոդի նույն համապատասխանությամբ, որը կիրառում էր կոմպրեսորը:

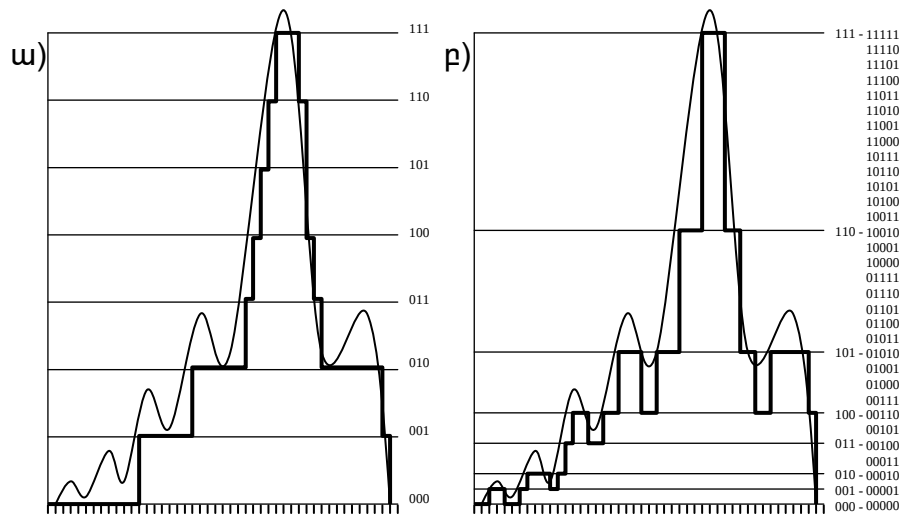
Նկ. 1-ում պատկերված է թվային կոմպանդերի միջոցով հաղորդվող ազդանշանի սխեման (դիտված $n=3$, $m=5$ օրինակի համար):



Նկ. 1

Նկ. 2 ա -ում պատկերված է անալոգային ազդանշանի (բարակ գիծ) կերպափոխումը թվային ազդանշանի՝ 3 կարգանի ԱԹՓ –ի օգնությամբ (հոծ բեկյալ գիծ), իսկ նկ. 2 բ-ում՝ նույն ազդանշանի կերպափոխումը թվային ազդանշանի՝ 5 կարգանի ԱԹՓ–ի միջոցով, ապա թվային կոմպանդերի օգնությամբ կերպափոխումը 3 կարգանի թվային ազդանշանի և կապուղու ելքում վերջինիս վերականգնումը 5 կարգանի կոդով (հոծ բեկյալ գիծ): Երկու դեպքերում էլ բացակայում է ելքային ցածր հաճախության գոտիչը:

Նկ. 2-ից պարզ երևում է, որ $n=3$ կարգանի կոդով թվայնացման ու հաղորդման դեպքում ազդանշանի որոշ հատվածներ, որոնք պարունակում են կարևոր ինֆորմացիա, կորչում են, իսկ երբ այդ նույն ազդանշանը քվանտացնում ենք 5 կարգանի ԱԹՓ-ով, կոմպրեսորի օգնությամբ կերպափոխում ենք 3 կարգանի կոդի, հաղորդում ու ելքում էքսպանդերի օգնությամբ նորից ստանում 5 կարգանի կոդ, ապա հնարավոր է լինում պահպանել ազդանշանում առկա ինֆորմացիայի ավելի մեծ մասը:



Նկ. 2

Վերոհիշյալից հետևում է, որ նշված մեթոդը թույլ է տալիս կառուցել թվային կոմպանդեր, որի նպատակն է՝ նվազեցնել անալոգ-թիվ կերպափոխման ընթացքում առաջացող աղավաղումները, հասնել կերպափոխման ընթացքում ազդանշանում պարունակվող ինֆորմացիայի նվազագույն կորստին, ինչպես նաև խուսափել ավանդական եղանակներով կիրառվող ոչ-գծային բնութագիրն ապահովող անալոգային տարրից, ինչի կառուցումը կոմպրեսորների և էքսպանդերների նախագծման ամենաբարդ աշխատանքն է:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. Системы радиосвязи / Под ред. **Н.Н.Калашникова** – М.: Радио и связь, 1988 - 352 с.
2. Многоканальные системы передачи / Под ред. **Н.Н.Баевой** и **В.Н.Гордиенко**. - М.: Радио и связь, 1996 - 560 с.
3. **Бернард Склад**. Цифровая связь.- М.: Вильямс, СПб, 2003 - 1104 с.
5. **Առուստամյան Վ., Գրիգորյան Հ.** և կարգանի թվային կոդից m կարգանի թվային կոդի ստացումը թվային կոմպանդերի օգնությամբ // ՀՊՀՀ տարեկան գիտաժողովի նյութերի ժողովածու. հատ. 2. - Երևան, ՀՊՀՀ, 2001. – 435 - 437 էջ:

ՀՊՀՀ: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 02.04.2004:

Г.Г. ГРИГОРЯН
ЦИФРОВОЙ КОМПАНДЕР

Рассматривается метод построения цифрового компандера. Предлагаются алгоритм и схемы его практической реализации.

Н.Н. GRIGORYAN
DIGITAL COMPANDER

A digital compander construction method is considered. The algorithm and circuit of its practical realization is proposed.