## Kodiranje pseudoslučajnim slijedom

Terminali često predaju periodičke sljedove i sljedove s većim brojem jednakih simbola koji sa stanovišta prijenosa nisu pogodni. Periodički sljedovi uzrokuju pojavu diskretnih komponenata povećane snage u spektru signala. Diskretne komponente mogu uzrokovati pojačano preslušavanje u prijenosu po fizičkim vodovima ili ometanje drugih kanala ili grupa kanala u multipleksnim sustavima. Dulji sljedovi jednakih simbola nisu pogodni za izdvajanje takta sinkronizacije. U primjeni automatske adaptivne ekvilizacije ovi sljedovi također nisu pogodni. Budući da uzorci interferencije simbola ovise o sastavu sljedova, periodički sljedovi i sljedovi jednakih simbola uzrokuju pogreške u podešavanju koeficijenata sklopova za ekvilizaciju.

Nabrojene se pojave sprečavaju kodiranjem primarnog signala s pseudoslučajnim slijedom. U prijemniku se nakon detekcije ili dekodiranja linijskog koda, primarni signal dekodira s jednakim pseudoslučajnim slijedom.

Navedimo najprije najbitnije značajke pseudoslučajnih sljedova. Posmačni registar od *n* bistabila postaje generatorom pseudoslučajnog slijeda uvođenjem povratnih veza sa zbrajačima po modulu 2 između određenih bistabila. Perioda generiranog pseudoslučajnog slijeda je 2*n* – 1 bita. Tako npr. posmačni registar od *n* = 7 bistabila i s povratnim vezama sa šestog i sedmog bistabila generira periodički pseudoslučajni slijed perioda 27 – 1 = 127 bita (*Slika 6.19)*.



*Slika 6.19 Generator pseudoslučajnog slijeda*

Pseudoslučajni slijed od 2n – 1 bita sadrži 2n-1 binarnih jedinica i 2n-1 – 1 binarnih nula. Broj istovrsnih blokova jedinica i nula duljine 2 iznosi 2*n*-2, duljine 3 2*n*-3 itd, sve do duljine *n* – 1 pri čemu iznosi 2*n*-(*n*-1). Unutar perioda slijeda jednom je zastupljena kombinacija od *n* jedinica, ali nije zastupljena kombinacija od *n* nula. Na osnovi sastava može se zaključiti da je pseudoslučajni slijed "sličan" slučajnom slijedu. Povećanjem perioda pseudoslučajnog slijeda sličnost sa slučajnim slijedom postaje sve veća.

Kodiranje s pseudoslučajnim slijedom zasnovano je na svojstvu da zbroj po modulu 2 slijeda [*an*] s proizvoljnim statističkim značajkama i slučajnog slijeda [*bn*], daje kodirani slijed [*cn*] koji poprima značajke slučajnog slijeda. Zbrajanjem po modulu 2 slijeda [*an*] koji može biti periodički ili sastavljen od jednakih simbola i pseudoslučajnog slijeda [*bn*] dovoljno velikog perioda, nepogodni se sljedovi razgrađuju. U kodiranom slijedu [*cn*] simboli nastupaju s približno jednakom zakonitosti kao u slučajnom slijedu.

Pokažimo ove zakonitosti na primjeru. Neka je *n* = 23. Vjerojatnost nastupa binarne nule, *Q*, u kodiranom slijedu je:

*Q* = (2*n*-1 – 1)/(2*n* – 1) ≈ 0,5

Vjerojatnost nastupa binarne jedinice, *P*, je:

*P* = 2*n*-1/(2*n* – 1) ≈ 0,5

Najdulji slijed nula sadrži *n* – 1 = 22 binarne nule. Ovaj slijed nastupa s vjerojatnosti *Q*0 = *Q*22 = 2,38⋅10-7. Najdulji slijed jedinica sadrži *n* = 23 jedinice, a nastupa jedanput u periodu pseudoslučajnog slijeda. Slijed od 22 jedinice nastupa s vjerojatnosti *P*1 *= P*22 *=* 2,38⋅10-7.

Dekodiranje se vrši tako da se slijed [*cn*] u dekoderu ponovo zbroji po modulu 2 s pseudoslučajnim slijedom [*bn*] jednakog perioda ().



*Slika 6.20 Kodiranje i dekodiranje s pseudoslučajnim slijedom*

Pseudoslučajni sljedovi na izlazu generatora G u koderu i dekoderu moraju biti sinkroni. Pravila kodiranja i dekodiranja su:

*cn = an* ⊕ *bn dn = cn* ⊕ *bn*

Uvrštenjem prvog izraza u drugi slijedi da je *dn* = *an*. U prijenosu podataka koriste se koderi i dekoderi koji ne zahtijevaju posebnih mjera za uspostavljanje sinkronizma (). Sinkronizacija se uspostavlja automatski.



*Slika 6.21 Koder i dekoder s automatskom sinkronizacijom*

U ovoj izvedbi kodera i dekodera, kodirani se slijed [*cn*] upisuje u registre generatora pseudoslučajnih sljedova u koderu i dekoderu. Nakon upisa prvih sedam bitova u registar dekodera sinkronizam je automatski postignut. Sadržaj ragistara je jednak za svaki sljedeći bit kodiranog slijeda. Pravila kodiranja i dekodiranja su:

*cn* = *an* ⊕ (*cn*-6 ⊕ *cn*-7) ; *dn* = *cn* ⊕ (*cn*-6 ⊕ *cn*-7) (6.75)

Uvrštenjem prvog izraza u drugi slijedi *dn* = *an*.

Izvedba dekodera s automatskom sinkronizacijom ima nedostataka. Prvi je nedostatak što je prvih *n* bita (u ovom slučaju 7), dok se sinkronizacija ne uspostavi, pogrešno dekodirano u dekoderu. Ova se pojava sprečava tako da predajnik modema prije nego započne s predajom bloka s podacima, šalje slijed od *n* jedinica. Istovremeno upisuje *n* jedinica u registar kodera. Na taj se način sinkronizacija uspostavlja prije prijenosa bloka. Drugi je nedostatak što povratne veze u dekoderu uzrokuju širenje pogreške. Upis slijeda [*cn*] u registar dekodera uzrokuje da svaki pogrešno primljeni bit *cn* kodiranog slijeda daje tri pogrešna bita u dekodiranom slijedu: *an, an-6 i an-7*.