Sveučilište u Zagrebu

**Fakultet elektrotehnike i računarstva**

Završni ispit iz predmeta **PRIJENOS PODATAKA**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Ime i prezime** |  | | |
| **JMBAG** |  | **Ak.god.** | 2017./2018. |
| **Grupa** |  | **Datum** | 29. siječnja 2018. |

Izjavljujem da tijekom izrade ove zadaće neću od drugoga primiti niti drugome pružiti pomoć, te da se neću koristiti nedopuštenim sredstvima. Ove su radnje teška povreda Kodeksa ponašanja te mogu uzrokovati i trajno isključenje s Fakulteta.

Također izjavljujem da mi zdravstveno stanje dozvoljava pisanje ove zadaće.

**Vlastoručni potpis**: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**ZADACI**

**1. zadatak** (10 bodova – svako potpitanje 2 boda)

Slijed bita kodira se različitim linijskim kodovima:

a) NRZ-L, b) 4B3T, c) 2B1Q, d) *m*B*n*B, *m* < *n*.

Neka trajanje bita iznosi *T* sekundi. Za sve kodove od a) do d) odredite spektralnu učinkovitost izraženu jedinicom bit/s/Hz. Pri tome, radi jednostavnosti, pretpostavite da je širina spektra signala kodiranog svakim od tih linijskih kodova jednaka rasponu od 0 Hz do prve nul-toćke u spektru pravokutnog signala trajanja *T*S sekundi, pri čemu je *T*S ujedno i trajanje simbola promatranog linijskog koda.

e) Odredite širine spektra za sva 4 linijska koda koristeći ranije navedene pretpostavke. Širine spektra kodiranih signala odredite u ovisnosti o trajanju bita, *T*.

**2. zadatak** (10 bodova – svako potpitanje 2 boda)

U promatranom komunikacijskom sustavu svaki se signal konačne energije, *si*(*t*), *i* = 1, …, *M*, *M* ≥ 2, može prikazati kao zbroj baznih signala *φj*(*t*), *j* = 1, 2, pomnoženih s koeficijentima *sij*:



a) Odredite energiju signala **s***m*(*t*), 1 ≤ *m* ≤ *M*, zadanog u vektorskom obliku kao:



b) Odredite Euklidsku udaljenost između signala **s***m*(*t*) i **s***n*(*t*), 1 ≤ *m*, *n* ≤ *M*, zadanih vektorski kao:



c) Odredite skalarni produkt između vektora **s***m* i **s***n* te kut (u stupnjevima) kojeg međusobno zatvaraju vektori **s***m* i **s***n*.

d) Da li funkcije *φ*1 = cos(*2πf*0*t*) i *φ*2 = sin(*2πf*0*t*) mogu biti bazne funkcije? Objasnite.

e) Nastavljajući se na potpitanje d), ako vrijedi *φ*1 = *A*cos(*2πf*0*t*) i *φ*2 = sin(*2πf*0*t*), odredite koliko mora iznositi *A* pa da *φ*1 i *φ*2 mogu biti bazne funkcije.

**3. zadatak** (10 bodova – svako potpitanje 2 boda)

Analizirajte prijenosni sustav koji koristi modulaciju QAM-64. Modulirani signal dan je izrazom:



a) Odredite bazne funkcije *φ*1 i *φ*2 u gornjem izrazu.

b) Koji uvjet moraju zadovoljavati *T* i *f*0 kako bi *φ*1 i *φ*2 doista bile bazne funkcije?

c) Koliko iznosi apsolutna vrijednost omjera između najveće i najmanje amplitude signala *sk*(*t*)?

d) Odredite uvjet kojeg zadovoljava vjerojatnost pogreške simbola u promatranom QAM-sustavu ako omjer *E*0/*N*0 iznosi 10. Pri tome koristite nejednakost:



e) Razmotrite sustav koji koristi modulaciju QAM-16 i čija je konstelacija usklađena s ranije promatranim sustavom s modulacijom QAM-64 na takav način da su amplitude najvećih signala *sk*(*t*) u oba sustava međusobno jednake. Koliko u takvim uvjetima iznosi vjerojatnost pogreške u sustavu s modulacijom QAM-16?

**4. zadatak** (10 bodova – svako potpitanje 5 bodova)

U nekom kanalu za potrebe prijenosa podataka primijenjen je višekanalni modulacijski postupak s *N* potkanala. Za sve potkanale vrijedi: *gn* = |*H*(*fn*)| = *g*, *n* = 1, …, *N*. Ukupna snaga *P* dijeli se podjednako na svih *N* potkanala.

a) Odredite prijenosnu brzinu po svakom potkanalu, *Rn*, ako je standardna devijacija bijelog šuma jednaka po svim potkanalima i iznosi *σ*, a smanjenje omjera srednje snage signala i srednje snage šuma iznosi *Γ*.

b) Ako pretpostavimo da je broj bita po simbolu, *Rn*, jednak onom kojeg omogućuje modulacijski postupak QAM-16, odredite broj potkanala uz zadani omjer *P*/(*Γσ* 2) = 2550.