

PITANJA ZA USMENI ISPIT IZ PREDMETA
SATELITSKE KOMUNIKACIJSKE TEHNOLOGIJE

1. Značajke satelitskih komunikacija

- Komunikacija na velike udaljenosti, problem slanja satelita u putanju oko zemlje, pokrivanje velikih područja velikim antenama, vrlo osjetljivi prijammici, LOS
- Ograničena energija, održavanje položaja satelita, smetnje, visoka cijena...

2. Frekvencijski pojasevi

- Ekstremno dugi val (ELF) – 300-3000Hz
- Vrlo dugi val (VLF) – 3-30kHz
- Dugi val (LF) – 30-300kHz
- Srednji val (MF) – 300-3000kHz
- Kratki val (HF) – 3-30MHz
- Vrlo kratki val (VHF) – 30-300MHz
- Ultra kratki val (UHF) – 300-3000MHz
- Super kratki val (SHF) – 3-30GHz
- Ekstremno kratki val – 30-300GHz

3. Vrste putanja

- Prema kutu inklinacije prema ekvatoru: ekvatorijalna, polarna, inklinacijska
- Prema obliku putanje: kružna, elipsoidna
- Geosinkrona putanja – putanja po kojoj se satelit kreće istom brzinom kojom se Zemlja okreće oko svoje osi
- Kružne putanje – Niska (LEO), Srednja (MEO), Geostacionarna (GEO)
- Geostacionarna putanja – Geosinkrona sa kutom inklinacije od 0 stupnjeva

4. Keplerovi i Newtonovi zakoni

KEPLEROVI ZAKONI

- 1. Keplerov zakon – planeti se gibaju u ravnini, a putanje su elipse sa Suncem u fokusu
- 2. Keplerov zakon – radijus vektor Sunce-planet opisuje u jednakim vremenskim razmacima jednake površine
- 3. Keplerov zakon – kvadrati ophodnih vremena planeta oko Sunca jednaki su kubovima velikih poluosi elipse -> $T^2 = R^3$
-

NEWTONOVI ZAKONI

- 1. Newtonov zakon – svako tijelo ostaje u stanju mirovanja ili jednolikog gibanja po pravcu dok vanjska sila ne uzrokuje promjenu tog stanja
- 2. Newtonov zakon – promjena gibanja tijela razmjerna je vanjskoj sili koja djeluje na tijelo u smjeru djelovanja te sile $F=m \cdot a$
- 3. Newtonov zakon – svaka sila ima jednaku protusilu
- Newtonov zakon gravitacije - dva tijela privlače se silom proporcionalnom produktu njihovih masa i obrnuto proporcionalnom kvadratu njihove međusobne udaljenosti

5. Utjecaj Zemlje na kretanje satelita

- Nehomogenost gravitacijskog polja – Zemlja nije savršeno okrugla, rezultat je klizanje satelita prema istoku i zapadu
- Atmosferski vlak – ispod 1000km atmosfera usporava satelit
- Van Allenovi pojasevi – radijacijski pojasevi s nabijenim česticama koje privlači Zemljino magnetsko polje (polarna svjetlost)
 - zahtijevaju oklapanje satelita i svemirskih postaja

6. Lansiranje i održavanje satelita

- 2 vrste lansiranja satelita: potrošne rakete, višekratne rakete
- Nužna prijelazna putanja, moguća varijanta i sa LEO putanjom
- Utjecaj Sunca i Mjeseca : klizanje prema sjeveru i jugu, kutni pomak
- Utjecaj vakuuma: zbog male kolizije s atmosferom dolazi do skidanja oksida s površine i lijepljenja površine – potrebno podmazivanje metala
- Utjecaj mikrometeora: uništavaju solarne ćelije, potreban zaštitni sloj kvarca

7. Globalni i uski snopovi

- Prednost uskog snopa: uski snopovi smanjuju potrebnu veličinu zemaljske postaje, manje su antene i manje su cijene
- Nedostatak: Postaje koje nisu pokrivene moraju se povezivati zemaljskim vezama

8. Slojevi atmosfere

- Troposfera - od razine mora do 8km na polovima ili 15km na ekvatoru
 - najgušći sloj atmosfere, najveći utjecaj na komunikacije (gušenje)
- Stratosfera - iznad troposfere na visini do 50km
 - u njoj se nalazi ozonski sloj, suh i manje gust, mali utjecaj na EM valove
- Mezosfera - iznad stratosfere do 85km visine
 - najhladnije mjesto na Zemlji
- Termosfera - iznad mezofere na visini do 600km
 - viši sloj atmosfere, brže kemijske reakcije, mala gustoća plinova
- Egzosfera - svemir, sloj iznad termosfere
 - teško određiva granica atmosfere i svemira

9. Ionosfera

- Nastaje kad ultraljubičasti valovi visoke energije iz Sunca ulaze u atmosferu, udaraju atome plina i izbijaju elektron od atoma, atom postaje pozitivno nabijen (ion)
- Elektroni apsorbiraju energiju UV valova i stvaraju se ionizirani slojevi, čiji stupanj ionizacije ovisi o gustoći atoma i jakosti UV zračenja
- UV valovi niže frekvencije manje prodiru u atmosferu nego oni na višoj frekvenciji
- Rekombinacija – obrnut postupak od ionizacije, slobodni elektroni i ioni se sudaraju
- Promjene u ionosferi – dnevne, 27-dnevne, sezonske, 11-godišnje (sunčeve pjege)

10. Gubitci u slobodnom prostoru

- Načini širenja EM vala - površinski val (po površini Zemlje)
 - prostorni val (kroz donju atmosferu)
 - svemirski val (refleksija više atmosfere)
- Kod satelitskih komunikacija - LOS (Line Of Sight)
 - nužna optička vidljivost, velike udaljenosti
- Gubici ovise o frekvenciji i udaljenosti

11. Hidrometeori

- djeluju na širenje EM vala prigušenjem i raspršenje, dok plinovi djeluju samo kao prigušivači (iznad 30 GHz)
- Kiša – gušenje i raspršenje EM vala, jačina kiše, plinovi u atmosferi

12. Sunčeve pjege

- Mogu se vidjeti teleskopom, broj i veličina pjega se mijenja svakih 11 godina
- Utječu na klimatske uvjete na Zemlji
- Više utječu na niske frekvencije, a manje na UHF i mikrovalne frekvencije

13. Polarizacija i depolarizacija

- Linearna polarizacija – okomita i vodoravna
- Depolarizacija - nastaje kad EM val putuje kroz medij koji je nesimetričan u odnosu na upadni val
 - nastaje od različitog prigušenja i faznog pomaka ortogonalnih komponenata upadnog vala
 - ovisi o frekvenciji, kutu elevacije i jačini kiše
- Utjecaj kiše može se smanjiti kružnom polarizacijom
- Polarizacija se mijenja tijekom jedne periode EM vala u smjeru kazaljke na satu ili suprotnom, odašiljač i prijemnik moraju biti sinkronizirani

14. Zemaljska postaja, odašiljački i prijamni dio

- Treba izbjegavati izravnu vidljivost s postajama na zemlji koje bi mogle smetati satelitskoj postaji (20-50km min udaljenost), najbolje smjestiti u blagu udolinu što dalje od mora i u slabo naseljeno područje
- Odašiljački dio - pouzdanost zemaljske postaje 99,7%
 - snaga po kanalu: 1-2W, ukupna snaga zemaljskih postaja oko 3kW

15. Antene

- Najčešće parabolične – najveći dobitak
- Led na anteni je glavni uzrok slabijeg signala u zimi, potrebno zagrijavanje grijačima
- Valovode treba dehidratizirati radi sprječavanja vlage, u njima bi trebao biti suhi zrak
- Za veće udaljenosti se koristi zatvoreni sustav s pokazateljem vlažnosti

16. Parametri transpondera: EIRP, gustoća toka snage, G/T

- Transponder - Elektronički uređaj za primanje i odašiljanje signala smješten na satelitu
- EIRP – produkt odaslane snage pomnožen s dobitkom $EIRP = P_o * G_o$
- Gustoća snage toka $S = (G_o * P_o) / (4 * \pi * d^2)$ min -70dB za satelit, -140dB za postaju
- G/Ts – mjera kvalitete, omjer dobitka antene prema temperaturnom šumu sustava

17. Višestruki pristup na satelitu

- Dodjela vremenskih ili frekvencijskih segmenata je promjenjiva
- Višestruki pristup može biti po frekvenciji, vremenu, kodu, prostoru i paketski pristup
- FDMA, TDMA, CDMA, SDMA

18. Paketski pristup

- Prijenos pomoću paketa s potvrdom primitka
- ALOHA protokol – korisnik šalje poruku kad je spreman i prima potvrdu
- S-ALOHA – odašiljač uvijek odašilje na početku svakog vremenskog odsječka
- CSMA – višestruki pristup s provjerom nositelja – samo za LEO putanje (kašnjenje)

19. Unaprijedno ispravljanje pogreške (FEC)

- Unaprijedno ispravljanje pogreške, vrsta digitalne obrade signala koja povećava pouzdanost podataka uvodeći poznatu strukturu u slijed podataka (informacije) prije odašiljanja
- Omogućuje prijamnom sustavu otkrivanje i moguće ispravljanje pogreški nastalih smetnjama u kanalu ili prijammiku, nije potrebno ponovno slati izvornu informaciju
- Kodovi koji imaju veliku zalihost (veliki $n - k$ prema k/n) sadrže relativno malo informacije po bitu koda
- Kvaliteta veze - omjer BER (bit error rate) prema odnosu S/Š

20. Analogne modulacije

- AM – Amplitudna modulacija - mijenja se snaga odašlanog signala ovisno o informaciji koja se šalje
- FM – Frekvencijska modulacija - kod FM, mijenja se frekvencija nositelja
- PM – Fazna modulacija - kao i frekvencijska modulacija je oblik kutne modulacije
 - faza nositelja se mijenja ovisno o modulacijskom signalu

21. Digitalne modulacije

- ASK – Amplitude Shift Keying (Diskretna modulacija amplitude)
 - Kod ASK se amplituda nositelja mijenja prema modulacijskom signalu i to tako da signal postoji ako je modulacijski signal jednak 1, a ne postoji ako je modulacijski signal jednak 0
 - Ta vrsta modulacije zove se još i OOK (On-Off Keying)
- FSK – Frequency Shift Keying (Diskretna modulacija frekvencije)
 - Frekvencija nositelja se mijenja diskretno prema modulacijskom signalu
 - Najjednostavnija FSK je BPSK ili binarna FSK s dvije frekvencije nositelja
- PSK – Phase Shift Keying (Diskretna modulacija faze)
 - Kod PSK mijenja se faza nositelja ovisno o modulacijskom signalu
 - Faza modulacijskog signala može imati dvije ili više različitih unaprijed određenih faza

22. Proračun veze

- Komunikacijsku vezu možemo podijeliti na tri dijela: Odašiljački dio, širenje vala kroz slobodni prostor, prijamni dio
- Kod proračuna satelitske veze treba voditi računa o slijedećim pitanjima:
 - Koliku snagu imamo na raspolaganju? - Domet
 - Koliku širinu pojasa imamo na raspolaganju? – Brzina prijenosa
 - Kolika je tražena pouzdanost (BER)? – Dobitak kodiranja

23. Satelitska televizija (ASTRA)

- Sateliti su najčešće smješteni u GEO putanji iznad ekvatora
- Zemaljske satelitske postaje odašilju signal u uzlaznoj vezi pomoću velikih paraboličnih antena, a satelit prima signal na jednoj frekvenciji i odašilje ga nazad prema Zemlji na drugoj frekvenciji radi izbjegavanja smetnji

24. Satelitska telefonija

- Fiksna satelitska telefonija - Sateliti omogućuju telefoniju od točke do točke kao komplementarnu uslugu zemaljskim vezama
 - Korisnici su poslovni ljudi/tvrtke i udaljeni korisnici.
 - Satelitski telefoni komuniciraju sa satelitom i korisnik se spaja ili na zemaljsku telefonsku vezu ili ostvaruje poziv preko satelitske veze
- Mobilna satelitska telefonija - U predjelima gdje nema GSM signala (planine, pustinje, more) za puno globalno pokrivanje
 - Potrebni Globalstar telefon i SIM kartica
 - Radi kao i svaki drugi fiksni ili mobilni telefon

25. Satelitski radio

- Sateliti su u GEO putanjama, antena mora uvijek biti vizualno povezana sa satelitom.
- Tamo gdje zgrade, mostovi, i ostale prepreke smetaju, treba veza biti omogućena preko repeater-a
- Antene se ugrađuju u krov automobila
- Worldspace, Sirius, XM

26. Terminali s malim otvorom antene (VSAT)

- Vrsta malih inteligentnih zemaljskih satelitskih postaja koje rade u sustavu zajedno s većom HUB zemaljskom postajom, tj. upravljačkom središnjicom
- HUB postaja je središnja točka s većom antenom i kvalitetni prijamnikom/odašiljačem
- Satelitska postaja povezuje udaljene VSAT zemaljske postaje, satelit u GEO putanji

27. Meteorološki sateliti

- Sateliti za promatranje vremenskih i klimatskih uvjeta na Zemlji
- Putanje su polarne (860 km) ili geostacionarne (36 000 km).
- Iako su oblaci najvažniji predmet promatranja, od zanimanja su još i pješčane oluje, aktivnosti vulkana, sniježni i ledeni prekrivači, struje u oceanima, itd...
- Promatra se vidljivi i infracrveni (vodena para i temperatura) te mikrovalni spektar
- Rezolucija 1 km

28. Znanstveni i vojni sateliti

- Sateliti za prikupljanje znanja o Zemlji, njenom magnetskom polju, Suncu, planetima u Sunčevom sustavu te nebeskim tijelima izvan Sunčevog sustava
- Mjerenja u svemiru nisu pod utjecajem atmosferskih gušenja, gravitacije, zagađenja zraka, loših vremenskih utjecaja i slično
- Istraživanje Sunca – SOHO
- Astronomski sateliti - Najznačajniji Hubble

- Vojni sateliti - Sateliti za prikupljanje obavještajnih podataka (špijunski sateliti), navigaciju, otkrivanje nuklearnih pokusa i vojnu komunikaciju
- Općenito su opremljeni instrumentima za promatranje u optičkom, infracrvenom, ultraljubičastom spektru kao i radarima

29. Sateliti za prikupljanje sunčeve energije (SPS)

- SPS sateliti prikupljaju sunčevu energiju pomoću sunčevih kolektora
- Koristi se mikrovalni prijenos energije (MPT) na frekvenciji 2,4 GHz
- Postoji problem zaštite okoliša, utecaja izloženosti čovjeka i životinja mikrovalnom zračenju te problem interferencije s ostalim sustavima
- Kolektori bi imali solarne ploče promjera 1 km

30. Satelitska navigacija

- Sateliti mogu poslužiti i za navigaciju, može se koristiti danju i noću u blizini ili na površini Zemlje
- Sustav GPS ne treba pretplatu za korisnike
- Potrebno je primiti signal s barem tri satelita da bi se izračunao 2D položaj i kretanje. S četiri satelita može se odrediti i 3D položaj, tj. visina