

DIGITALNI KOMUNIKACIONI SISTEMI

Vežba 3 Bežični komunikacioni sistemi

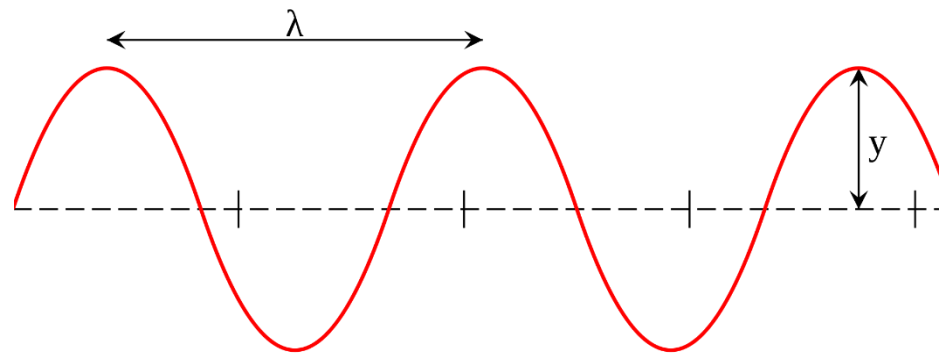
Uvod

- Savremeno društvo je nauci zadalo ozbiljan zadatak – pristup Internetu u svakom trenutku, sa svake lokacije. Koliko god da su komunikacije napredovale (prvenstveno prenos podataka optičkim vlaknima) ukazala se potreba za mobilnošću.
- Razvoj savremenih bežičnih komunikacija počeo je na Havajima; ostrva su razdvojena velikim vodenim površinama i jedini način za uspostavljanje telefonskog saobraćaja bio je bežični prenos signala.
- Novi svetski trend IoT (*Internet of things*) ima svetlu budućnost upravo zbog razvoja bežičnih sistema, i stručnjaci procenjuju da će do 2020. godine 30 biliona uređaja biti priključeno na mrežu, radi prikupljanja i razmene podataka sa senzora u najširem smislu reči.



Elektromagnetni spektar

- Kada se elektroni kreću, oni proizvode elektromagnetne talase koji se prostiru kroz okolinu (čak i kroz vakuum). Te talase je još 1865. teorijski predvideo britanski fizičar Džems Klerk Maksvel, a eksperimentalno ih dokazao 1887. nemački fizičar Hajnrih Herc.
- Broj oscilacija talasa u jednoj sekundi naziva se frekvencija i obeležava se f i meri se u hercima [Hz]
- Rastojanje između dva talasna maksimuma (ili minimuma) naziva se talasna dužina, obeležava se sa λ i meri se u metrima [m]



Elektromagnetni spektar

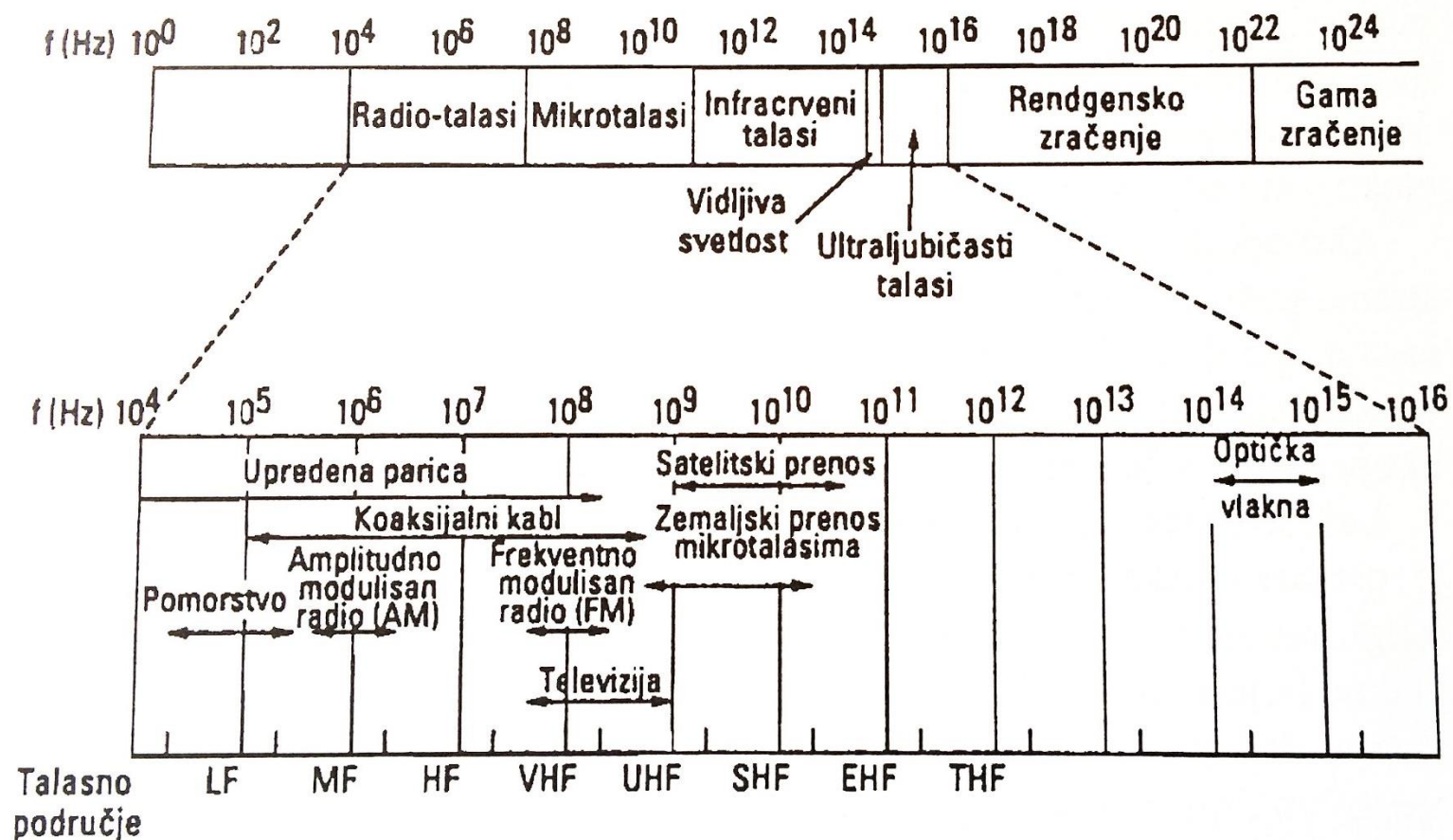
- Kada se električno kolo spoji sa antenom odgovarajuće veličine, elektromagnetni talase se mogu slati kroz prostor, gde ih na nekoj udaljenosti može primiti odgovarajući prijemnik. Sve bežične komunikacije se zasnivaju na ovom principu.
- Svi elektromagnetni talasi, bez obzira na frekvenciju, u vakuumu se kreću istom brzinom a to je brzina svetlosti, c , koja iznosi približno 3×10^8 [m/s]
- Osnovni odnos između f , λ i c je:

$$\lambda \cdot f = c$$



Elektromagnetni spektar

- Oznake oblasti elektromagnetnog spektra



Elektromagnetni spektar

- Sređivanjem osnovne jednačine dobijamo

$$\Delta f = -\frac{c\Delta\lambda}{\lambda^2}$$

što znači: što je šire frekventno područje brži je prenos

- Iz ovog slede dva principa:
 - skokovito frekventno širenje spektra (*frequency hopping spread spectrum*) (Hedi Lamar, 88 frekvencija), uglavnom se koristi u vojne svrhe
 - direktno sekvencijalno širenje spektra (*direct sequential spread spectrum*), princip gde se signal prostire kroz široko frekventno područje, koristi se u mobilnoj telefoniji



Prenos podataka radio talasima

- Radio talasi su u opsegu od 3 Hz do 3 THz

<i>Opseg</i>	<i>Naziv</i>	<i>Oznaka</i>
3–30 Hz	Extremely low frequency	ELF
30–300 Hz	Super low frequency	SLF
300–3000 Hz	Ultra low frequency	ULF
3–30 kHz	Very low frequency	VLF
30–300 kHz	Low frequency	LF
300 kHz – 3 MHz	Medium frequency	MF
3–30 MHz	High frequency	HF
30–300 MHz	Very high frequency	VHF
300 MHz – 3 GHz	Ultra high frequency	UHF
3–30 GHz	Super high frequency	SHF
30–300 GHz	Extremely high frequency	EHF
300 GHz – 3 THz	Tremendously high frequency	THF



Prenos podataka radio talasima

- Radio talase je lako generisati, oni mogu da prevazilaze velika rastojanja i lako prolaze kroz zgrade, i zbog toga se često koriste u komunikacijama. Radio talasi se prostiru na sve strane od izvora pa položaj predajnika i prijemnika nije od velikog značaja.
- Svojstvo radio-talasa zavisi od njihove frekvencije. Pri nižim frekvencijama, oni lako prolaze kroz prepreke, ali im snaga naglo opada s rastojanjem od izvora (približno sa kvadratom rastojanja). Pri višim frekvencijama, radio-talasi teže da se prostiru pravolinijski i da se odbijaju od prepreka.
- U području veoma niskih, niskih i srednjih frekvencija radio-talasi prate krivinu zemlje. Na niskim frekvencijama radio-talase je moguće detektovati i na rastojanjima preko 1.000 km. Problem sa ovim talasima je mali propusni opseg.



Prenos podataka radio talasima

- U području visokih (HF) i vrlo visokih (VHF) frekvencija, talase koji se prostiru površinom apsorbuje tlo. Međutim, talasi koji dostignu jonosferu (sloj naelektrisanih čestica koje okružuju Zemlju na visini od 100 do 500km) odbijaju se od nje i vraćaju na Zemlju.
- Pri pogodnim vremenskim uslovima signal se može odbiti i nekoliko puta. Ovaj princip koriste radio-amateri i koristi se u vojne svrhe.
- Ovaj opseg frekvencija je veoma dragocen, jer može da pokrije velike oblasti, i postoje rigorozna pravila za dodelu ovih frekvencija.



Prenos podataka mikrotalasima

- Iznad frekvencije od oko 100 MHz, talasi se prostiru skoro pravoliniski i zato se mogu fokusirati. Koncetrisanjem sve energije u uzak snop pomoću parabolične antene postiže se mnogo bolji odnos signal – šum, ali predajna i prijemna antena moraju biti strogo u liniji.
- Takođe, dobrim prostornim rasporedom grupe predajnika i grupe prijemnika, postiže se prenos bez međusobnog ometanja tj. interferencije.
- Talasi se prostiru pravolinijski pa mora biti obezbeđena direktna vidljivost između predajne i prijemne antene, to praktično znači da stubovi od 100 metara mogu biti udaljeni 80 km; ovde je ispoštovan samo uslov zakrivljenosti Zemlje.
- Danas se, uobičajeno, koriste linkovi sa frekvencijama do 10 GHz s tim da se na oko 4GHz javlja apsorpcija usled vode (kiše, magle...)



Pravila dodeljivanja frekventnih područja

- Frekventni spektar je odličan izbor prihoda i zato je veoma dragocen resurs.
- Na globalnom nivou raspodelom spektra rukovodi ITU-R (*International Telecommunication Union - Radiocommunication Sector*)
- Međusobna podela:
 - konkurs za izbor lepotice (beauty contest)
 - kocka
 - licitacija
- Spektar slobodan za sve
 - ograničena snaga predajnika; 2.4 GHz, 5.7 GHz...



Prenos podataka vidljivom svetlošću

- Infracrveni i milimetarski talasi se koriste za kratka rastojanja i za niske snage. U nekim slučajevima upravo to je traženi scenario – daljinski upravljač
- Zašto se teleskopi, po pravilu, postavljaju na vrhove planina?
- Prenos podataka laserskim snopovima: relativno jednostavno rešenje za komunikaciju jedan-na-jedan, nije potrebna dozvola ali nema neku važniju primenu



Komunikacioni sateliti

- Nakon bezuspešnih pokušaja američke mornarice da uspostavi komunikaciju pomoću balona od kojih se odbija signal, sredinom 20. veka uspeali su da ostvare komunikacioni link “hvatajući” signal koji se odbija od površine Meseca. To je bila polazna tačka za dalji razvoj komunikacionih satelita jer razlika između prirodnog i veštačkog satelita je što veštački satelit može da pojača primljeni signal pre slanja na Zemlju, ili na drugi satelit.
- Tehnologija komunikacionih satelita se koristi za:
 - vojne svrhe
 - *broadcast* tehnologije
 - GPS
 - satelitski internet
 - telefoniju
 - meteorologiju



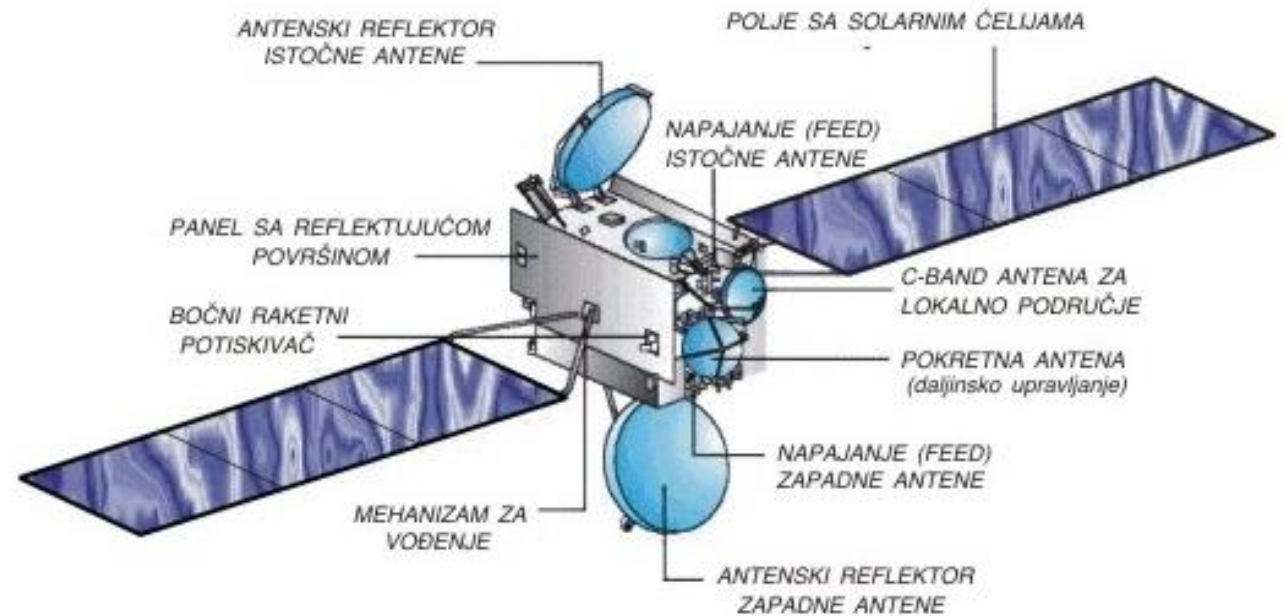
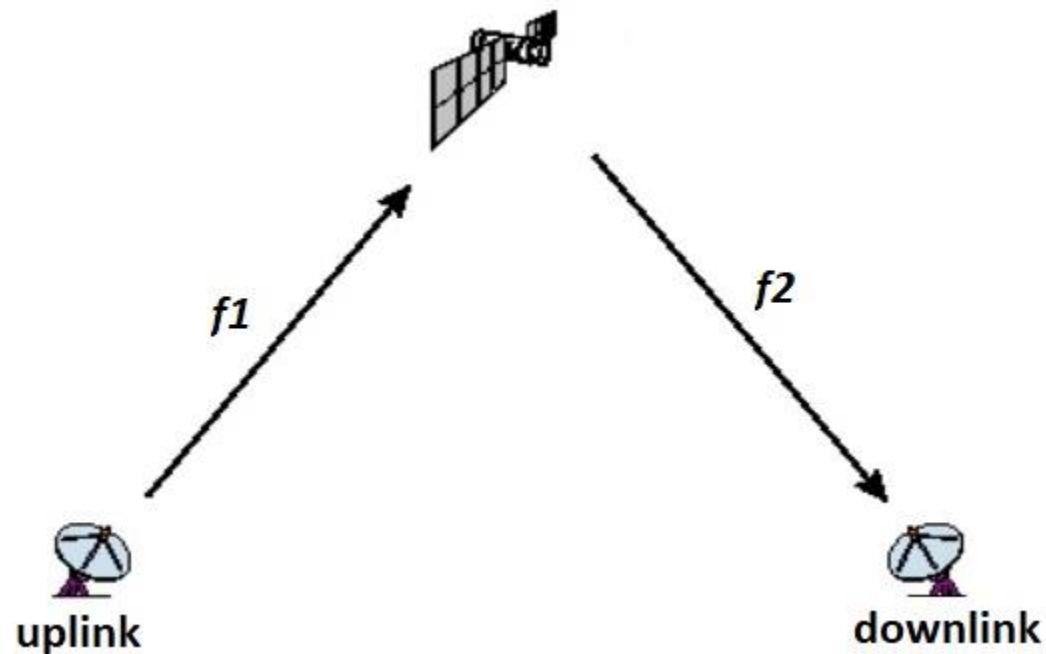
Komunikacioni sateliti

- Prema poziciji u odnosu na Zemlju, zone satelita se dele na:
- GEO (*Geostationary earth orbit*) zona: sateliti se nalaze na udaljenost od 35.786 km od ekvatora. Napajaju se solarnom energijom i njihova brzina je ista kao i brzina okretanja Zemlje, pa možemo reći da su nepokretni u odnosu na Zemlju
- MEO (*Medium earth orbit*) zona: udaljenost je između 5.000km i 15.000km od Zemlje. Zbog manje udaljenosti potrebno je mnogo više satelita za pokrivanje
- LEO (*Low earth orbit*) zona: udaljenost je oko 2.000km od Zemlje. Zbog blizine jeftiniji su u odnosu na ostale satelitske tehnologije, signal ima najmanje gubitke ali pokrivaju malu oblast.



Komunikacioni sateliti

- Transponder: prijem signala na frekvenciji f_1 , pojačavanje i slanje signala na f_2 . Kapacitet transpondera je oko 100 Mbps



GEO sateliti

- Koliko vremena je potrebno da signal dođe do satelita i da se vrati na Zemlju, u idealnom slučaju?
- Koliko najviše GEO satelita može biti u orbiti?
- Kako GEO satelit uvek održava određenu poziciju?
- Šta se desi sa GEO satelitom kada mu prođe “radni vek”?
- GEO sateliti uobičajeno imaju dva načina rada:
 - pokrivanje što šire oblasti (1/3 površine Zemlje)
 - pokrivanje što uže oblasti (100)km²)



GEO sateliti

- Frekvencijski opsezi GEO satelita

<i>frekvencijski opseg</i>	<i>uplink frekvencija [GHz]</i>	<i>downlink frekvencija [GHz]</i>	<i>problemi</i>
S/L	2,4 (2,483 – 2,500)	1,6 (1,610 – 1,625)	interferencija sa ISM (Industrial, Scientific & Medical) opsegom
C	6 (5,925 – 6,425)	4 (3,7 – 4,2)	interferencija sa zemaljskim vezama
Ku	14 (14,0 – 14,5)	11 (11,7 – 12,2)	slabljenje zbog kiše
Ka	30 (27,5 – 30,5)	20 (17,7 – 21,7)	visoka cena opreme



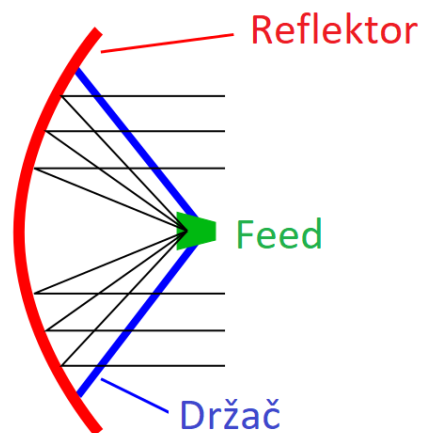
GEO sateliti

- S obzirom da je pozicija satelita stacionarna, relativno u odnosu na Zemlju, ne postoje problemi sa Doppler-ovim efektom
- Na visini od oko 36.000 km satelit može da komunicira sa četvrtinom zemaljske kugle, a sa tri satelita, razdvojenih za 120° moguće je komunicirati sa celom Zemljom, isključujući severni i južni pol
- Snaga signala na prijemu je mala, pa se mora pojačati – LNB (*Low-noise block downconverter*)
- Ukupno kašnjenje signala (Zemlja – satelit – Zemlja) je oko 0,24 sekunde, sto je mnogo za neke situacije (npr. telefonija)

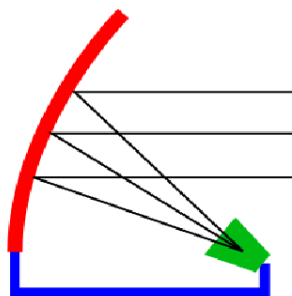


GEO sateliti

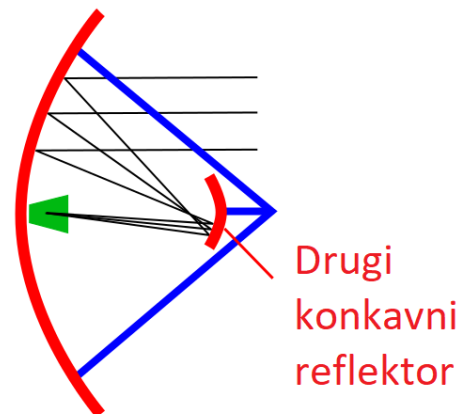
- Primeri najčešće korišćenih satelitskih antena



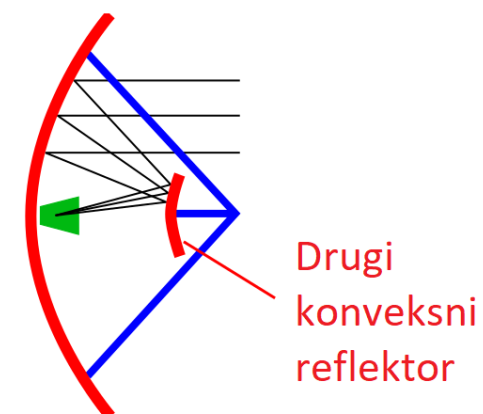
PARABOLA
FRONT FEED



OFFSET



GREGORIAN



CASSEGRAIN

Pitanja

