

Informacione tehnologije u pomorstvu

II dio

DOC. DR UGLJEŠA UROŠEVIĆ

ugljesa@ucg.ac.me

Univerzitet Crne Gore

Satelitske ICT i navigacione tehnologije

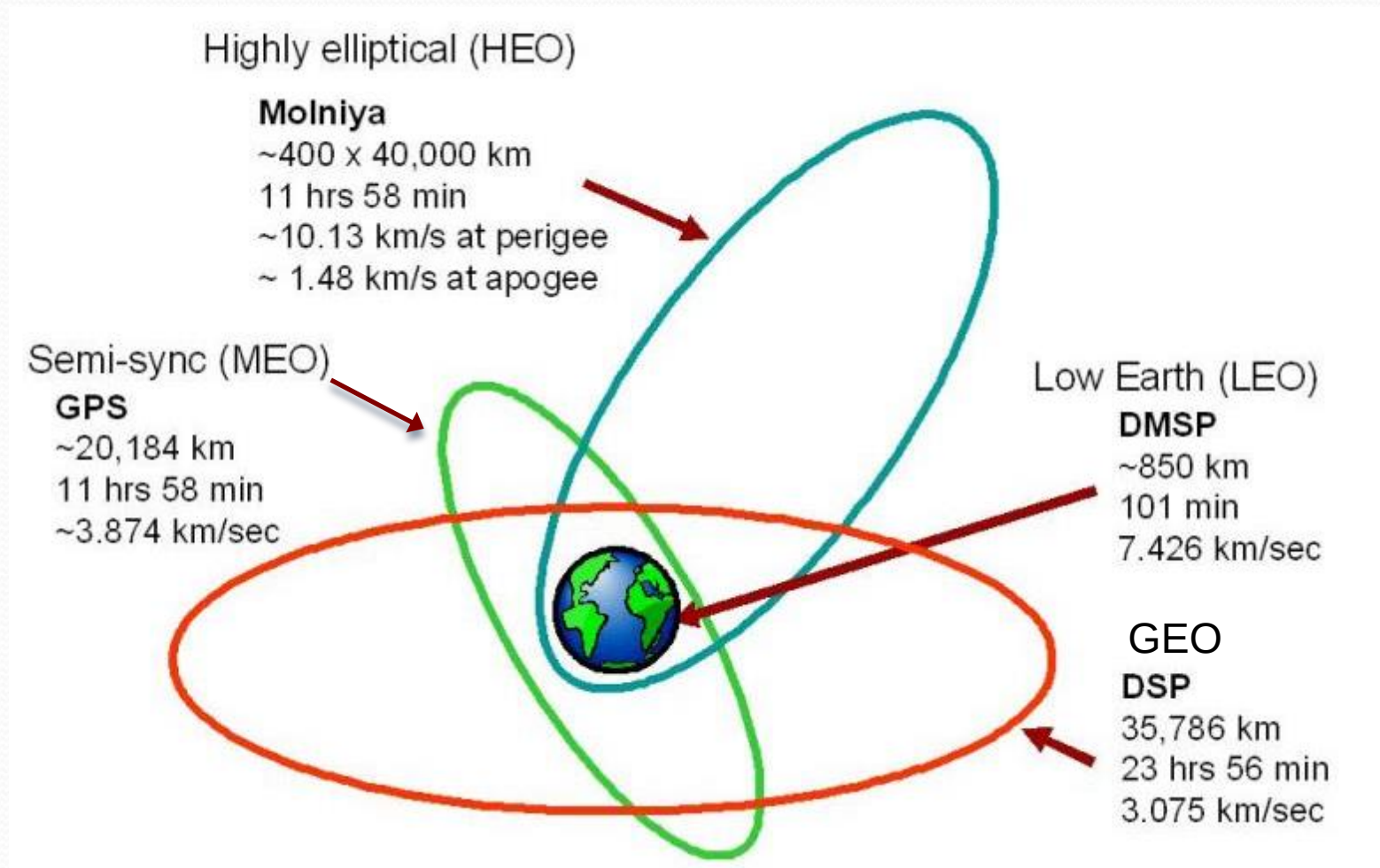
- Sateliti se koriste u ICT i navigacionim tehnologijama od sredine 1960-ih.
- Mobilni satelitski servisi startuju od početka 1980-ih, kada su prvi put sateliti korišćeni za komunikaciju u pomorskom sektoru. Nakon toga se uvode aeronautički i zemaljski personalni komunikacioni servisi.
- Intenzivan razvoj u *payload*-u (nosećoj strukturi) satelita, transmissionim tehnikama, antenama i lansiranju satelita je omogućio da nova generacija usluga bude dostupna javnom i privatnom sektoru.
- Satelitski TV *stream*, GPS (*Global Positioning System*)...

Satelitske ICT i navigacione tehnologije

- Sateliti se kategorizuju po tipu orbite
- Izdvajaju se četiri vrste orbita: geostacionarne orbite (GEO-*geostationary orbit*), veoma eliptične orbite (HEO-*highly elliptical orbit*), niske orbite (LEO-*low Earth orbit*) i srednje orbite (MEO-*medium Earth orbit*).
- S obzirom na to da su se emisiona snaga na satelitima i dobitak samih antena na njima povećavali razvojem novih tehnologija, moguće je putem satelita ostvariti telefonski poziv gotovo bilo gdje u svijetu uz *hand-held* mobilne prijemnike. Takođe, postoje *dual-mode* telefoni koji su pored satelitskog moda funkcionalni u celularnim mrežama.

Satelitske ICT i navigacione tehnologije

Orbite



Satelitske ICT i navigacione tehnologije

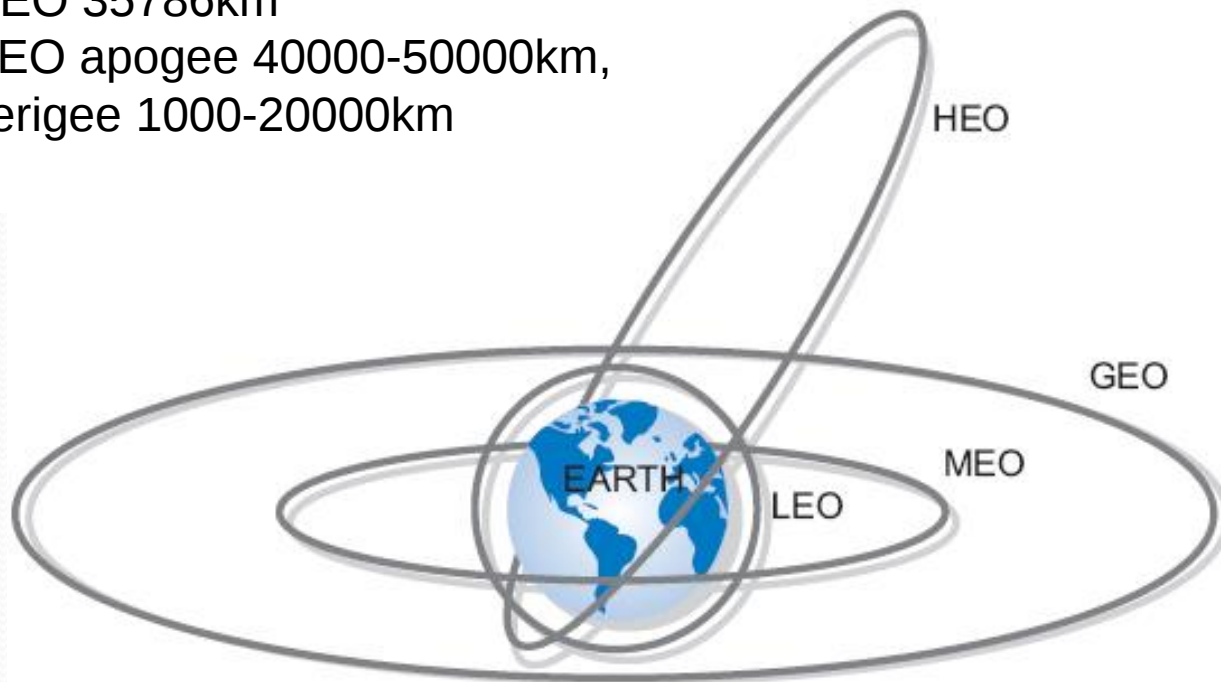
Orbite

LEO 100-2000km

MEO 5000-20000km

GEO 35786km

HEO apogee 40000-50000km,
perigee 1000-20000km



Satelitske ICT i navigacione tehnologije

GEO orbite

- Geostacionarni sateliti omogućavaju stalnu pokrivenost određenog područja. Mogu biti efikasno korišćeni za regionalno pokrivanje, koncentrišući se na određeni tip servisa, odnosno globalno pokrivanje pomoću tri ili više satelita raspoređenih u ekvatorijalnoj ravni.
- HEO orbite omogućavaju pokrivanje polarnih područja.
- Negeostacionarni sateliti pružaju povremenu pokrivenost određenog područja, pri čemu trajanje vremena pokrivanja zavisi od visine satelita.
- Multi-satelitske konstelacije su potrebne za kontinuiranu globalnu pokrivenost.

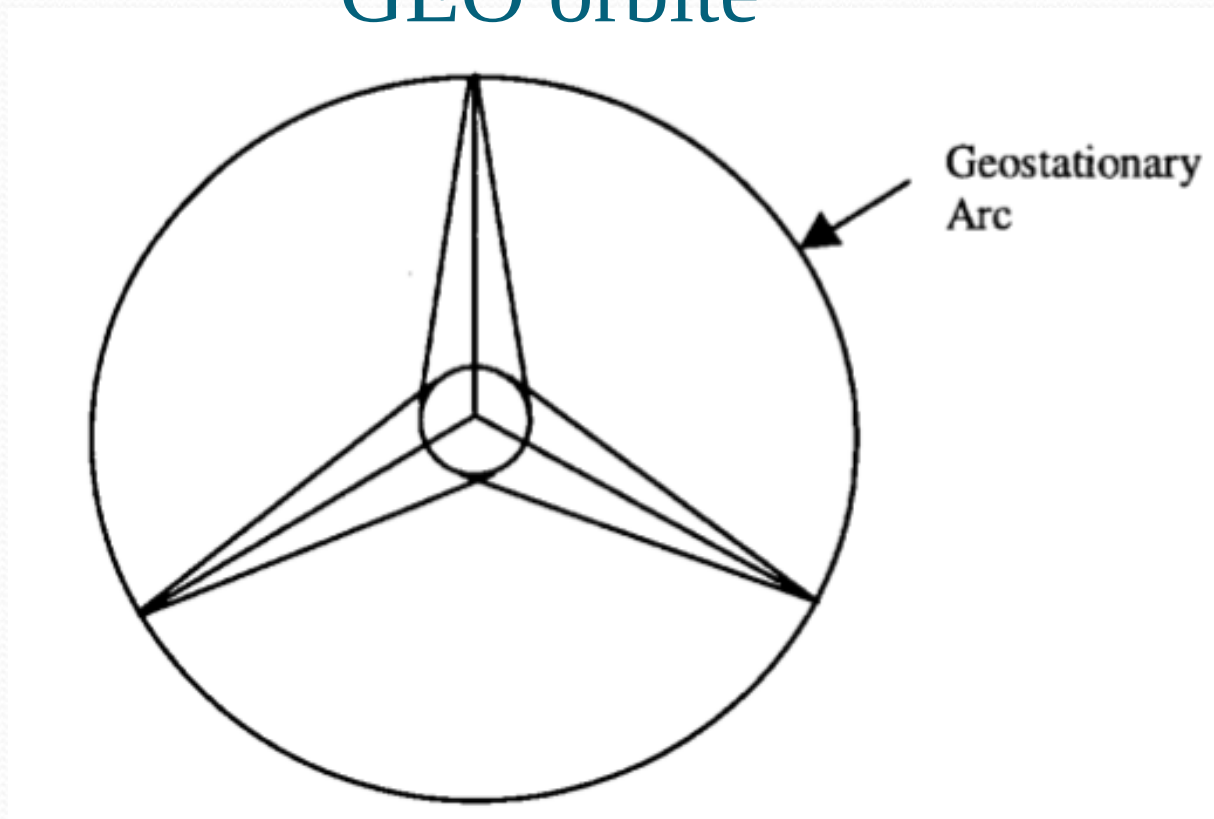
Satelitske ICT i navigacione tehnologije

GEO orbite

- Geostacionarna orbita ima orbitalni period od 23h 56min 4,1s. Ovaj interval je nazvan *sidereal day* i jednak je stvarnom vremenu za koje se Zemlja okrene oko svoje ose. GEO orbita je kružna orbita u ekvatorijalnoj ravni.
- Sa izuzetkom polarnih područja, globalna pokrivenost se može postići teorijski sa najmanje tri satelita, podjednako distribuiranim u ekvatorijalnoj ravni.
- GEO sateliti kruže oko Zemlje na 35786 km iznad ekvatora na kružnim orbitama. Njihov orbitalni period osigurava da se oni posmatraču na terenu čine stacionarnim u odnosu na njega.
- To je posebno korisno u fiksnim i broadcast komunikacijama, gdje *line-of-sight* komponenta signala može biti gotovo garantovana.

Satelitske ICT i navigacione tehnologije

GEO orbite



Globalna pokrivenost se može teorijski postići sa najmanje tri GEO satelita

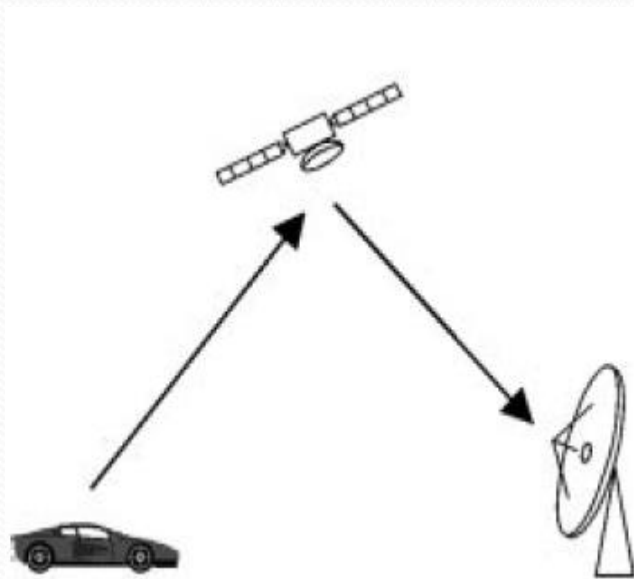
Satelitske ICT i navigacione tehnologije

GEO orbite

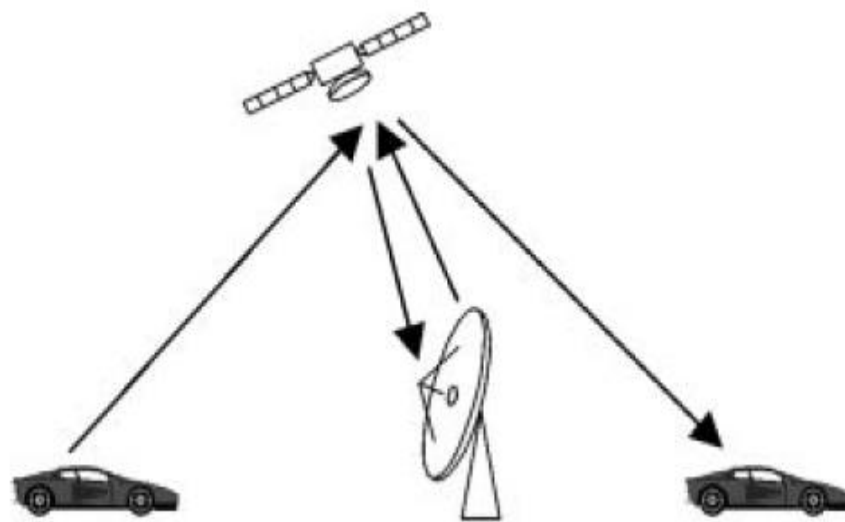
- *Single-hop* kašnjenje (zemlja satelit-satelit zemlja) usled propagacije iznosi od 250-280 ms i uz dodatno kašnjenje usled obrade kašnjenje može preći 300 ms.
- To zahtijeva korišćenje neke *echo-cancellation* tehnike kada se GEO sateliti koriste za govorne komunikacije.
- ITU određuje maksimalno kašnjenje od 400 ms za telefoniju, što limitira broj hopova na samo jedan.

Satelitske ICT i navigacione tehnologije

single hop, double hop



(a) *Single-hop* transmisija



(b) *Double-hop* transmisija

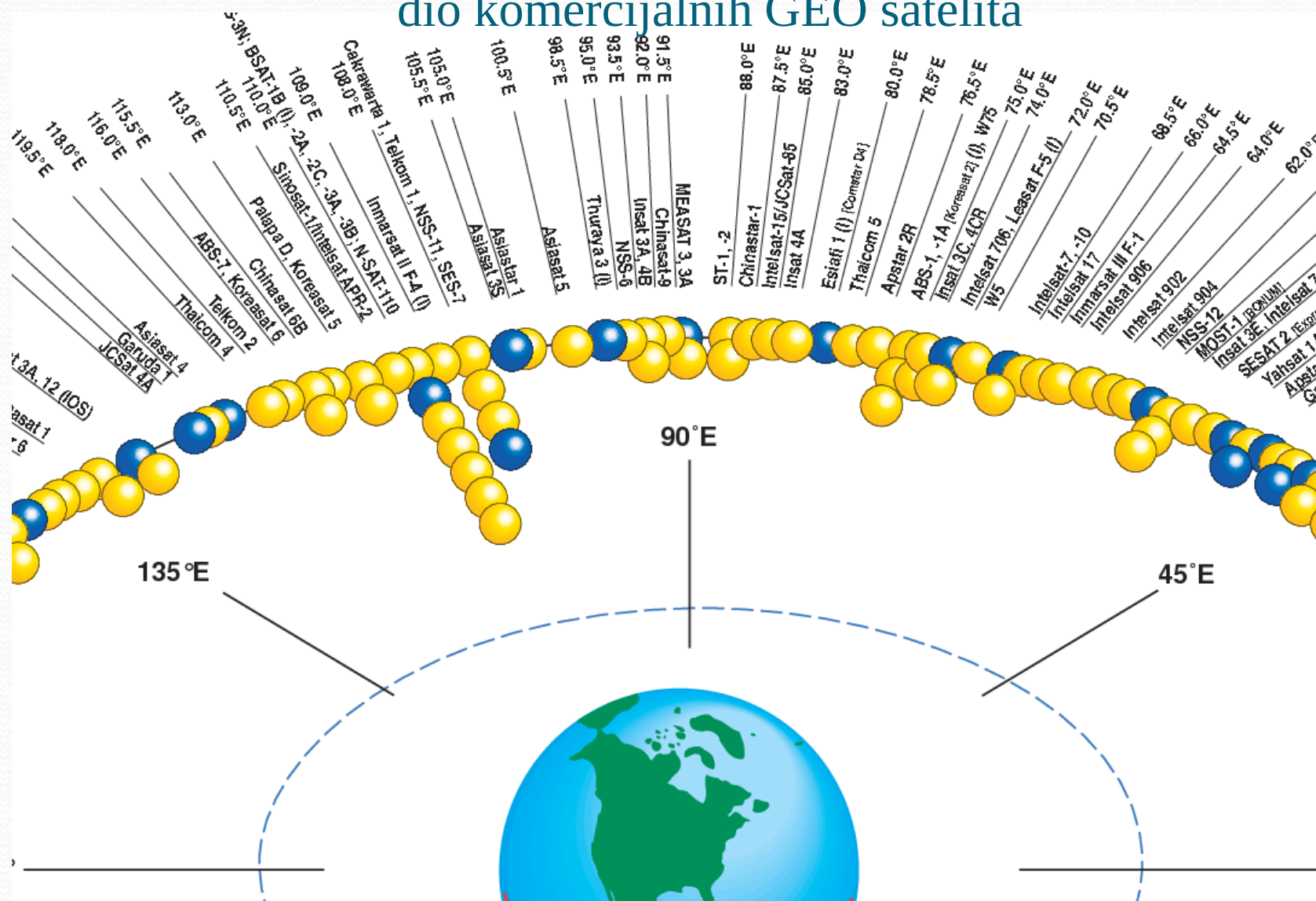
Satelitske ICT i navigacione tehnologije

GEO orbite

- Geostacionarni sateliti se koriste za pružanje regionalnih mobilnih servisa u Evropi, Sjevernoj Americi, Australiji, Srednjem istoku i jugoistočnoj Aziji. Inmarsat je globalni mobilni sistem koji više od 20 godina funkcioniše pomoću geostacionarnih satelita.
- Kada su prvi geostacionarni sateliti bili korišćeni za mobilne satelitske servise, ograničenja u pogledu ekvivalentne izotropno izračene snage (EIRP) na satelitu i terminalnih karakteristika ograničavali su vrste mobilnih terminala kao i servisa.
- Razvoj *payload*-a satelita i samih antena je rezultirao *multi-spot* pokrivanjem, većim satelitskim EIRP-om, kao i potrebnim manjim mobilnim terminalima. *Hand-held* mobilni terminali su sada uporedivi po veličini sa mobilnim terminalima u celularnim mrežama.

Satelitske ICT i navigacione tehnologije

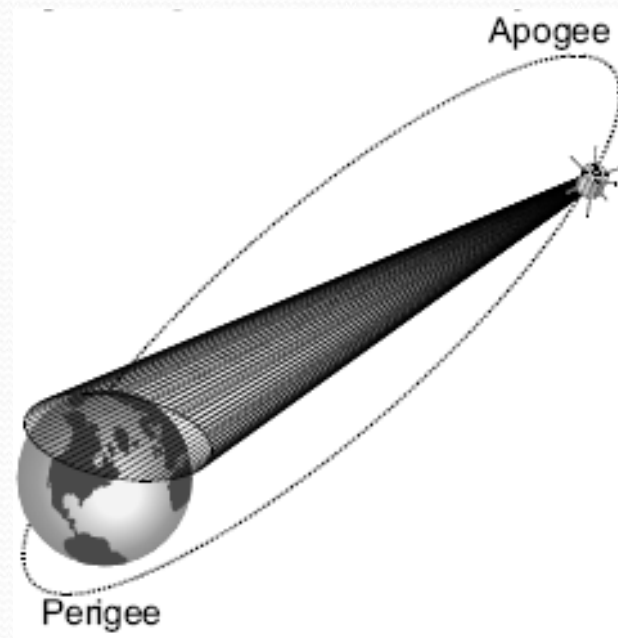
dio komercijalnih GEO satelita



Satelitske ICT i navigacione tehnologije

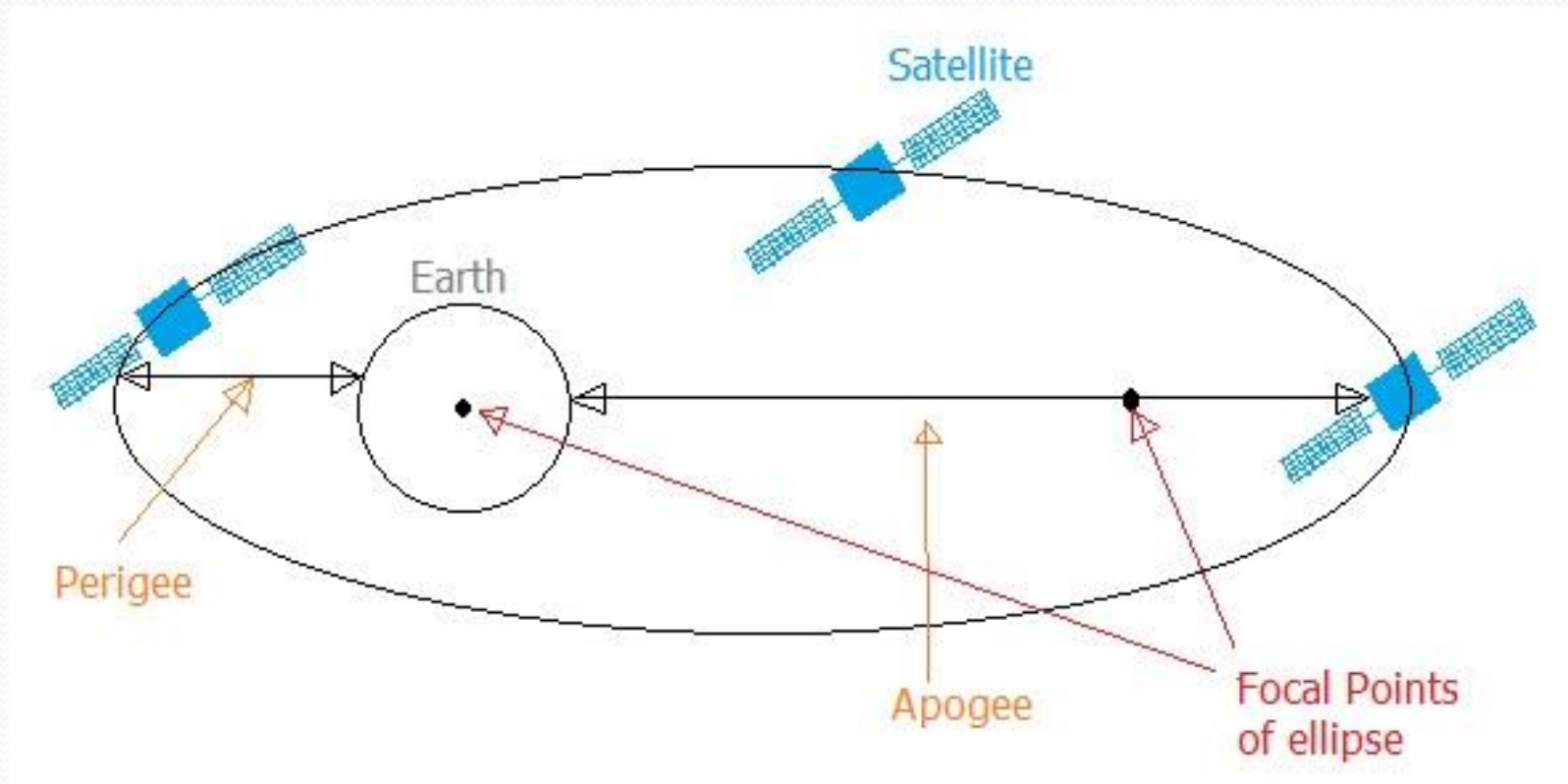
HEO orbite

- Visina: *apogee* 40000-50000km, *perigee* 1000-20000km
- Tri do četiri satelita potrebna za kontinualno pokrivanje određenog regiona
- Obezbjediivanja velikog elevacionog ugla prema satelitima za područja sjevernih i južnih polarnih područja
- Handover između satelita se obavlja tri do četiri puta dnevno
- Koristi se za pružanje TV servisa u Rusiji već niz godina unazad



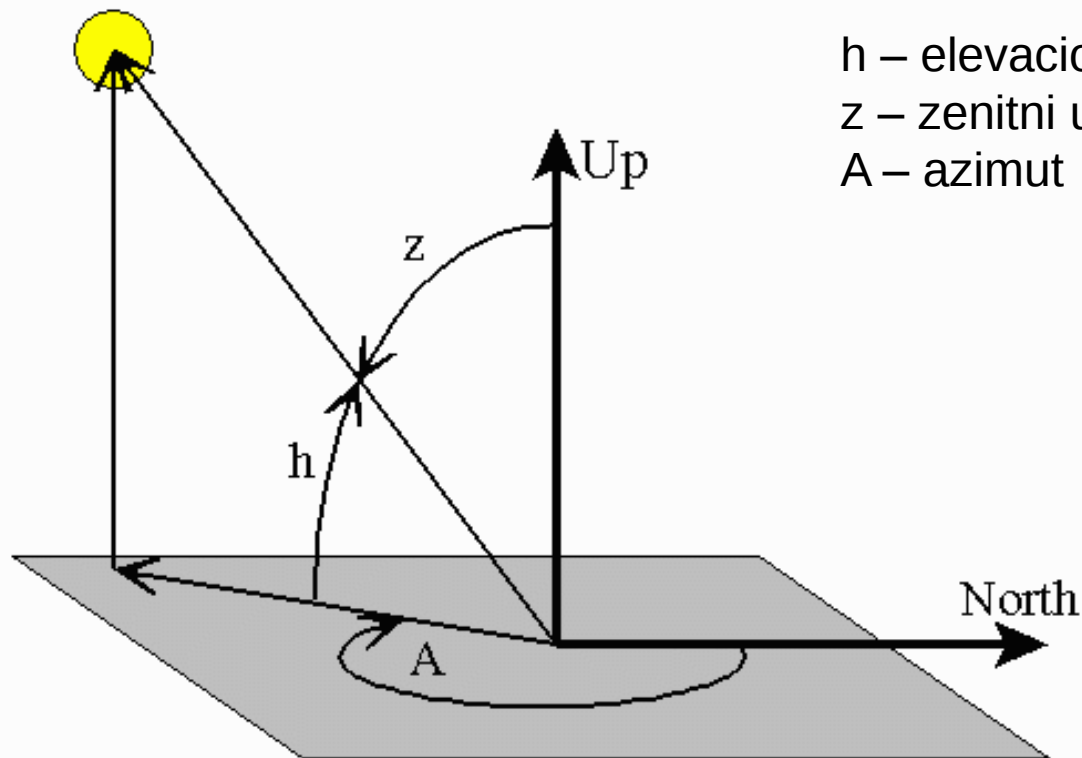
Satelitske ICT i navigacione tehnologije

Apogee i perigee HEO satelita



Satelitske ICT i navigacione tehnologije

Elevacioni, zenitni ugao i azimut satelita



h – elevacioni ugao
z – zenitni ugao
A – azimut

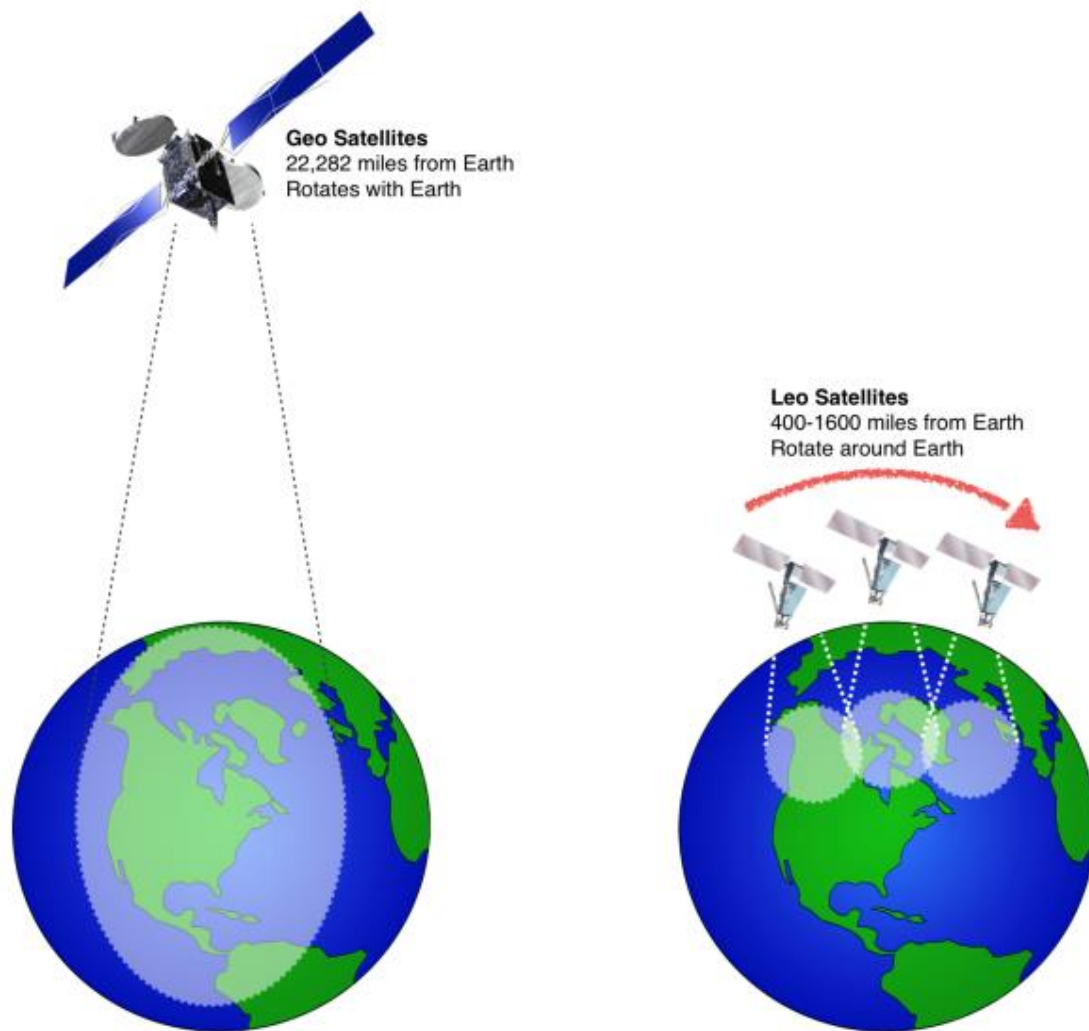
Satelitske ICT i navigacione tehnologije

LEO orbite

- Visina 100-2000km
- Konstelacija od oko 30 satelita je potrebna za kontinualno globalno pokrivanje
- Jedan LEO satelit može biti korišćen u *store-and-forward* modu za pokrivanje određenog lokaliteta, ali samo u kratkom vremenskom periodu
- Za optimizovanje linka se može iskoristiti *diversity* ukoliko postoji više od jednog satelita koji su istovremeno vidljivi
- Dinamička priroda LEO orbite uvodi značajnu kompleksnost
- Handover između satelita je neophodan tokom trajanja poziva
- Veliki broj gateway-a je neophodan za globalno pokrivanje ukoliko se ne koriste inter-satelitski linkovi
- Krajem 1990-ih uvedeni u upotrebu

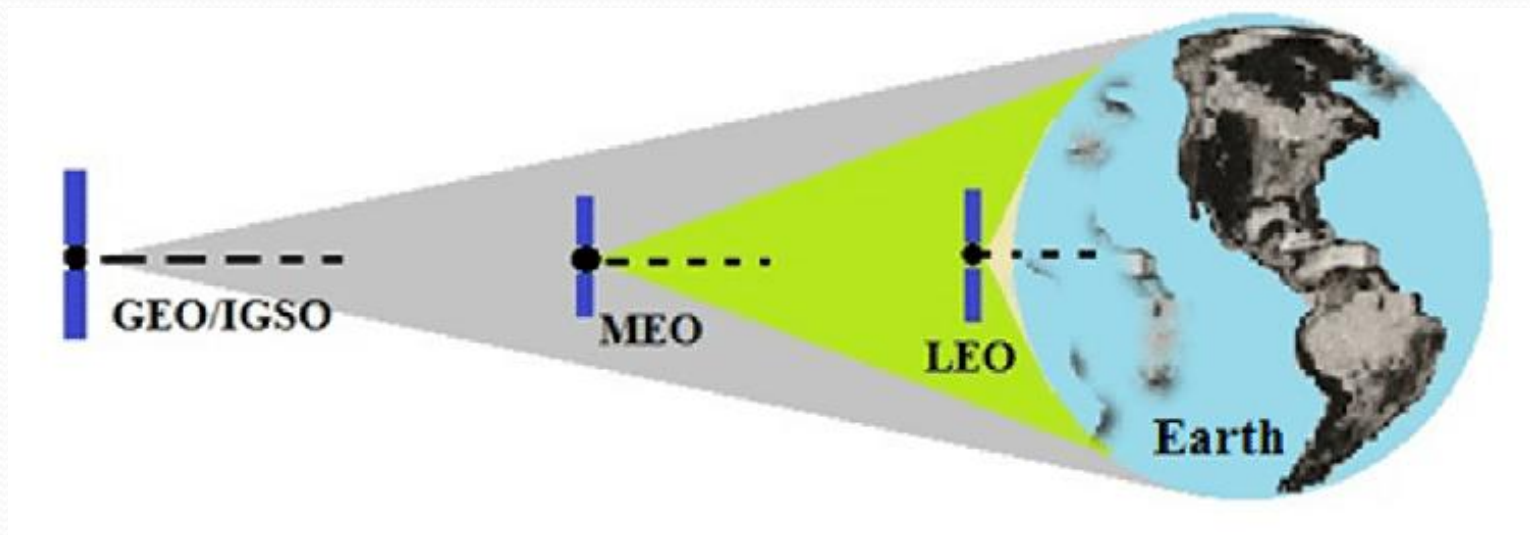
Satelitske ICT i navigacione tehnologije

Razlika između GEO i LEO pokrivenosti



Satelitske ICT i navigacione tehnologije

Razlika između GEO, MEO i LEO



Satelitske ICT i navigacione tehnologije

MEO orbite

- Visina najčešće 5000-20000km
- Konstelacija od 10-20 satelita je potrebna za kontinualno globalno pokrivanje
- Odlična globalna vidljivost
- Koristi se *diversity* za poboljšanje performansi
- Dinamička priroda LEO orbite uvodi značajnu kompleksnost
- Handover između satelita je neophodan, ali ne tako često kao kod LEO satelita
- Obzirom na veće pokrivanje, manji broj *gateway*-a odnosno manje zemaljske infrastrukture je neophodano u odnosu na LEO
- GPS i GLONASS navigacioni sistemi koriste MEO satelite

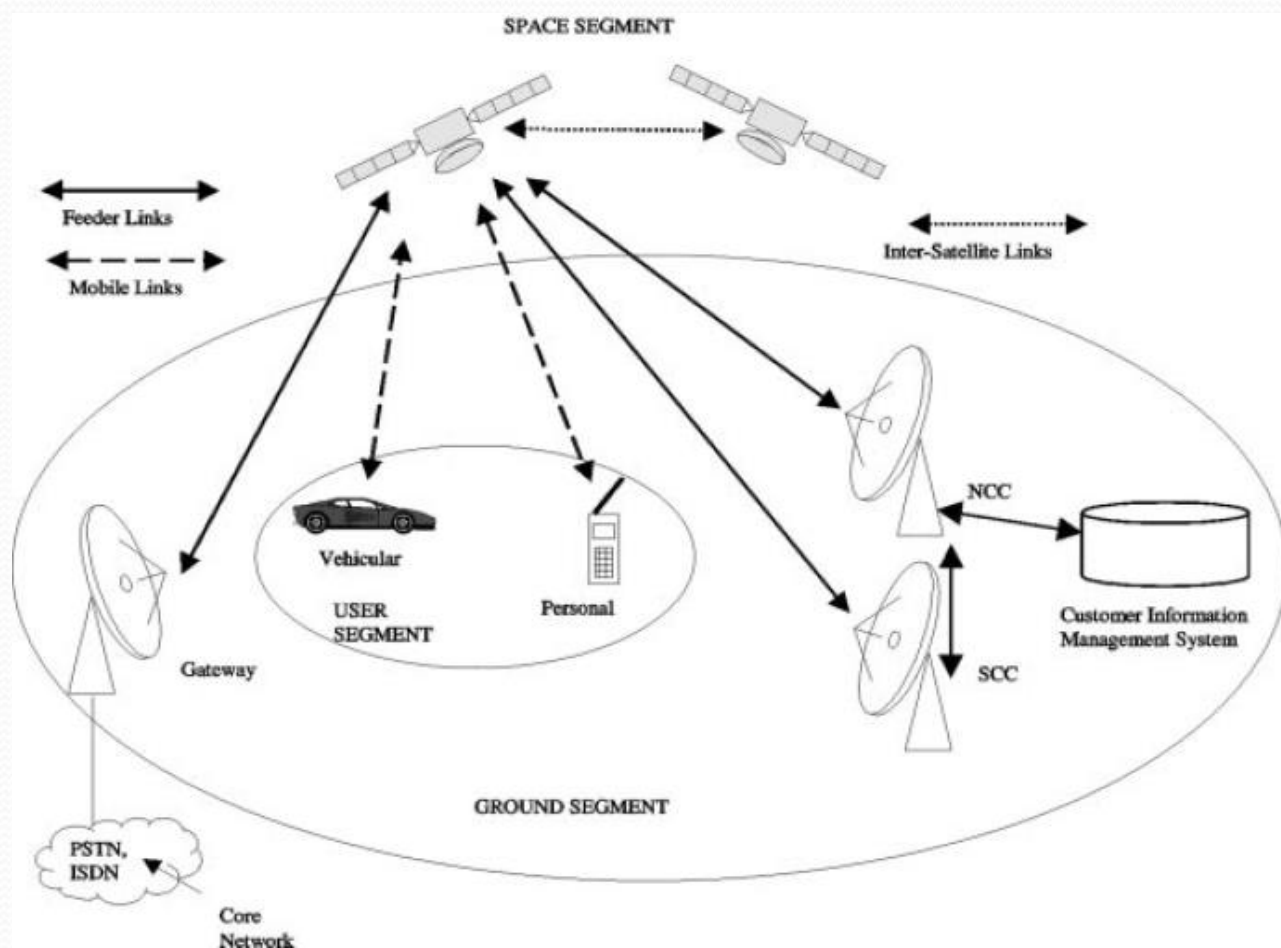
Satelitske ICT i navigacione tehnologije

Poređenje GEO, MEO i LEO satelita

Parametar	GEO	MEO	LEO
Udaljenost od zemlje (km)	35786	Uglavnom 5000 do 2000	Uglavnom 100 do 2000
Veličina antene	Velika	Srednja	Mala
Transmisiona snaga	Velika	Srednja	Mala
Round Trip Propagaciono kašnjenje (ms)	250 - 280	110 - 130	20 - 25

Satelitske ICT i navigacione tehnologije

Mrežna arhitektura satelitskih sistema



Satelitske ICT i navigacione tehnologije

Mrežna arhitektura satelitskih sistema

- Mrežnu arhitekturu čine tri cjeline:
 - korisnički segment,
 - zemaljski segment i
 - *space* segment.
- Korisnički segment čine terminali koji se mogu podijeliti na mobilne personalne terminale (*hand-held*), mobilne grupne terminale (npr. na brodovima, vozovima...), portabilne terminale (mogu se prenositi sa jednog mjesta na drugo ali obično u toku premještanja nisu u funkciji) i fiksne terminale.
- Zemaljski segment se sastoji se od tri glavna elementa: *gateway*-a mreže koji se ponekad naziva fiksna zemaljska stanica (FES), mrežnog kontrolnog centra (NCC) i satelitskog kontrolnog centra (SCC).

Satelitske ICT i navigacione tehnologije

Mrežna arhitektura satelitskih sistema

- *Gateway* omogućava vezu satelitske pristupne mreže i jezgra mreže.
- NCC poznat i kao NMS (*Network Management Station*) je povezan sa korisničkim informacionim menadžment sistemom CIMS (*Customer Information Management System*) u cilju koordinacije pristupa satelitskim resursima. Takođe, obavlja logičke funkcije vezane sa menadžmentom i kontrolom u mreži.
- SCC nadgleda performanse konstelacije satelita i kontroliše poziciju satelita. Funkcije kontrole poziva se takođe mogu obavljati pomoću SCC.

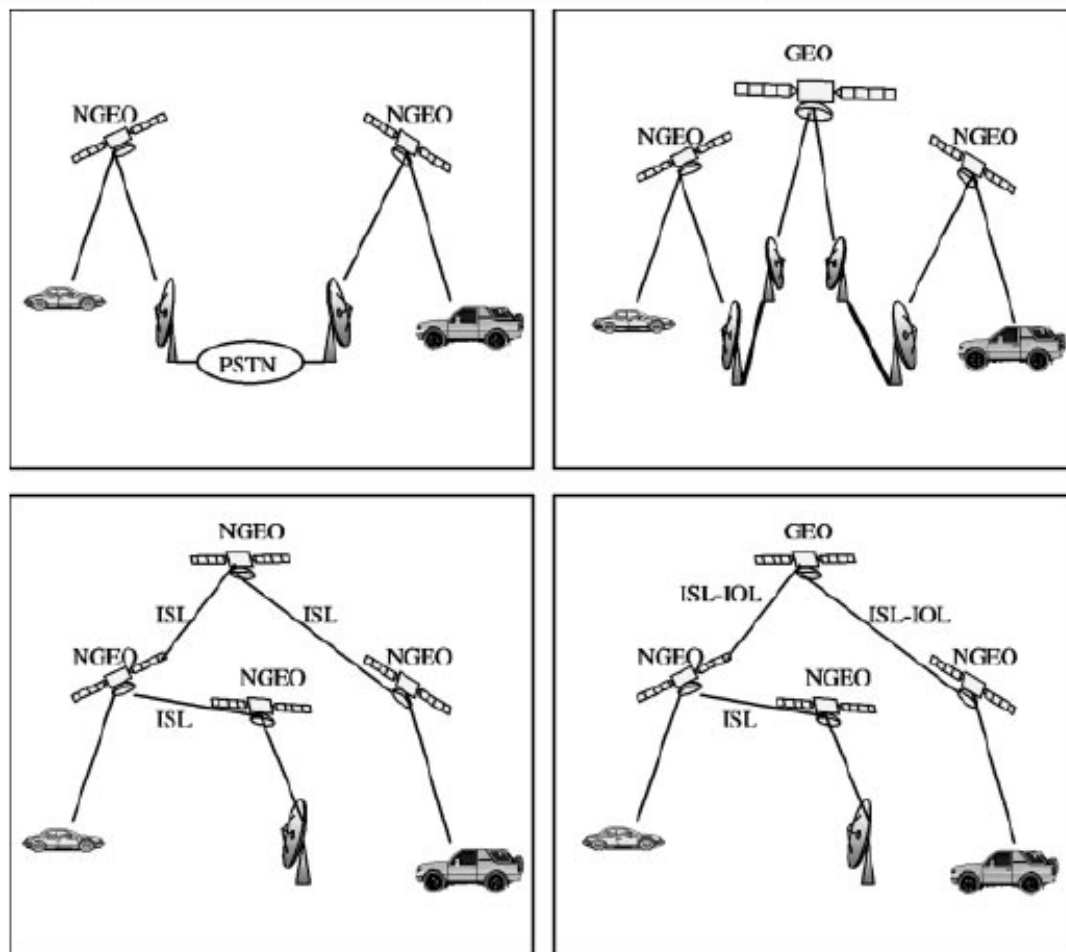
Satelitske ICT i navigacione tehnologije

Mrežna arhitektura satelitskih sistema

- *Space* segment – omogućava vezu između korisnika i *gateway*-a. Direktne veze između korisnika putem satelitskog segmenta su takođe ostvarive korišćenjem najnovije generacije satelita. *Space* segment se sastoji od jedne ili više konstelacija satelita.
- Tri su glavna tipa arhitekture satelita:
 - Transparentni *payload* sateliti
 - *On-board processing* (OBP) sateliti
 - Sateliti sa inter-sateltskim linkovima (ISL) unutar konstelacije ili inter-konstelacijskim linkovima
- *Space* segment može biti dizajniran na različite načine zavisno od karakteristika satelita kao i tipa orbita.

Satelitske ICT i navigacione tehnologije

Mrežna arhitektura satelitskih sistema



Različite arhitekture *space* segmenta za globalno pokrivanje

Satelitske ICT i navigacione tehnologije

frekvencijski opsezi

- Satelitski sistemi rade u različitim frekvencijskim opsezima, zavisno od vrste servisa.
- Veće brzine prenosa podataka zahtijevaju rad na višim frekvencijskim opsezima.

Band	Frequency Range (MHz)
P	225–390
L	390–1550
S	1550–3900
C	3900–8500
X	8500–10900
Ku	10900–17250
Ka	17250–36000
Q	36000–46000
V	46000–56000
W	56000–100000

Satelitske ICT i navigacione tehnologije

Mobilni satelitski komunikacioni sistemi

- INMARSAT
- EUTELSAT
- Little LEO sistemi
 - ORBCOMM
 - E-SAT
 - LEO ONE
- S-PCN (*Satellite-Personal Communication Networks*) sistemi
 - IRIDIUM
 - GLOBALSTAR
 - NEW ICO
 - CONSTELLATION COMMUNICATIONS
 - ELLIPSO

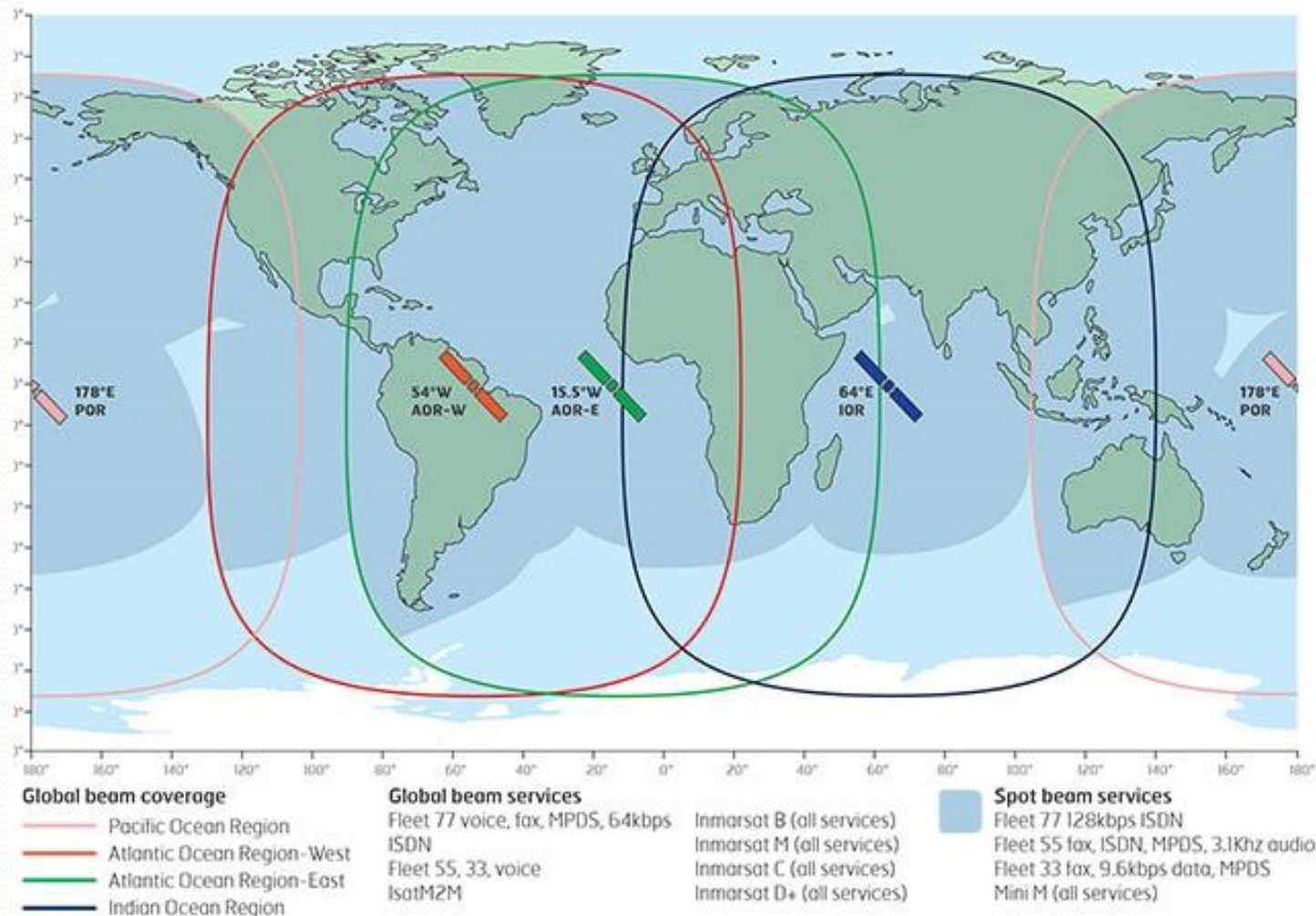
Satelitske ICT i navigacione tehnologije

Inmarsat

- Inmarsat je pokrenut 1979 sa ciljem omogućavanja menadžmenta plovidbe u pomorstvu kao i sigurnosnih aplikacija. Komercijalni servis započinje 1982. god. i od tada je servis usluga proširen na zemaljski i aeronautički sektor
- Inmarsat sistem se sastoji od tri osnovna elementa.
 - Inmarsat *space* segment, koji čine geostacionarni sateliti raspoređeni iznad Atlantika, Pacifika i Indijskog okeana.
 - *Land Earth stations* (LES) – omogućava konekciju sa zemaljskom mrežnom infrastrukturom. Postoji oko 40 LES-ova širom svijeta
 - *Mobile Earth stations* (MES), koja omogućava korisniku komunikaciju sa satelitom

Satelitske ICT i navigacione tehnologije

INMARSAT



Satelitske ICT i navigacione tehnologije

Little LEO sistemi

- *Little* LEO sistemi pružaju *non-voice* servise, malih brzina prenosa (*e-mail*, *remote monitoring*, udaljena očitavanja...) na globalnom nivou korišćenjem LEO satelita. Servisi mogu biti u *real-time* ili *store-and-forward* modu, zavisno konstelacije satelita i dostupne zemaljske mrežne infrastrukture (satelit može primiti podatke samo kada prelazi iznad određenog područja, u kojem se nalazi *gateway* odnosn o korisnici).
- Termin “little LEO” je nastao zbog potrebe za razlikovanjem ovih satelita od negeostacionarnih satelita koji se koriste za pružanje satellite-PCN servisa, koji su veći i sofisticiraniji.
- ORBCOMM, E-SAT, LEO ONE

Satelitske ICT i navigacione tehnologije

S-PCN sistemi

- Primarni cilj S-PCN je obezbjeđivanje govornih servisa kao i servisa prenosa podataka, sličnim u terestrialnim celularnim mrežama, korišćenjem *hand-held* uređaja putem LEO ili MEO satelita. S-PCN mreže rade u L-/S opsegu
- S-PCNs pružaju globalno pokrivanje korišćenjem multi-satelitskih konstelacija. Broj satelita u konstelaciji zavisi od visine satelita kao i zahtjevanog minimalnog elevacionog ugla.
- Mogu se koristiti *dual-mode* uređaji, koji funkcionišu u terestrialnim i satelitskim mobilnim mrežama. *Dual-mode* uređaji rade primarno u terestrialnom modu, dok satelitsku konekciju koriste kad terestrialni kanal nije dostupan.
- IRIDIUM, GLOBALSTAR, NEW ICO, CONSTELLATION COMMUNICATIONS, ELLIPSO...

Satelitske ICT i navigacione tehnologije

S-PCN sistemi

Service provider	Launching	Satellites	Orbit	Coverage area	Freq. band	Modulation	Multiple access
Inmarsat	1976	11	GEO	Global except polar regions	L	QPSK, $\pi/4$ -QPSK, 16-QAM	TDMA
Iridium	1997	66	LEO	Global except N. Korea, Poland, Hungary	L	QPSK	FDMA, TDMA, TDD
HISPASAT	1992	6	GEO	N. and S. America, and W. Europe	Ku, Ka, X, C	QPSK	FM, TDMA
Light-squared	1995	2	GEO	N. and Central America	L, Ku	—	—
Globalstar	1998		LEO	N. and S. America, Europe, Australia, N. Africa and parts of Asia	S	FM, SS, QPSK	FDMA/CDMA
Thuraya	2000		GEO	Europe, N. and Central Africa, large parts of Asia, Australia and part of the Pacific	L	$\pi/4$ -QPSK	FDMA
ICO	2000	1	MEO/ GEO	N. America	C, S	—	FDMA, TDMA
ACeS	2000	1	GEO	Parts of Asia	L	GMSK	FDMA, TDMA
Terrestar	2009		GEO	Continental U.S., Canada, Puerto Rico, U.S. Virgin Islands, Hawaii and Alaska	L	—	—