

Informacione tehnologije u pomorstvu

II dio

DR UGLJEŠA UROŠEVIĆ

ugljesa@ucg.ac.me

Elektrotehnički fakultet

Satelitske ICT i navigacione tehnologije

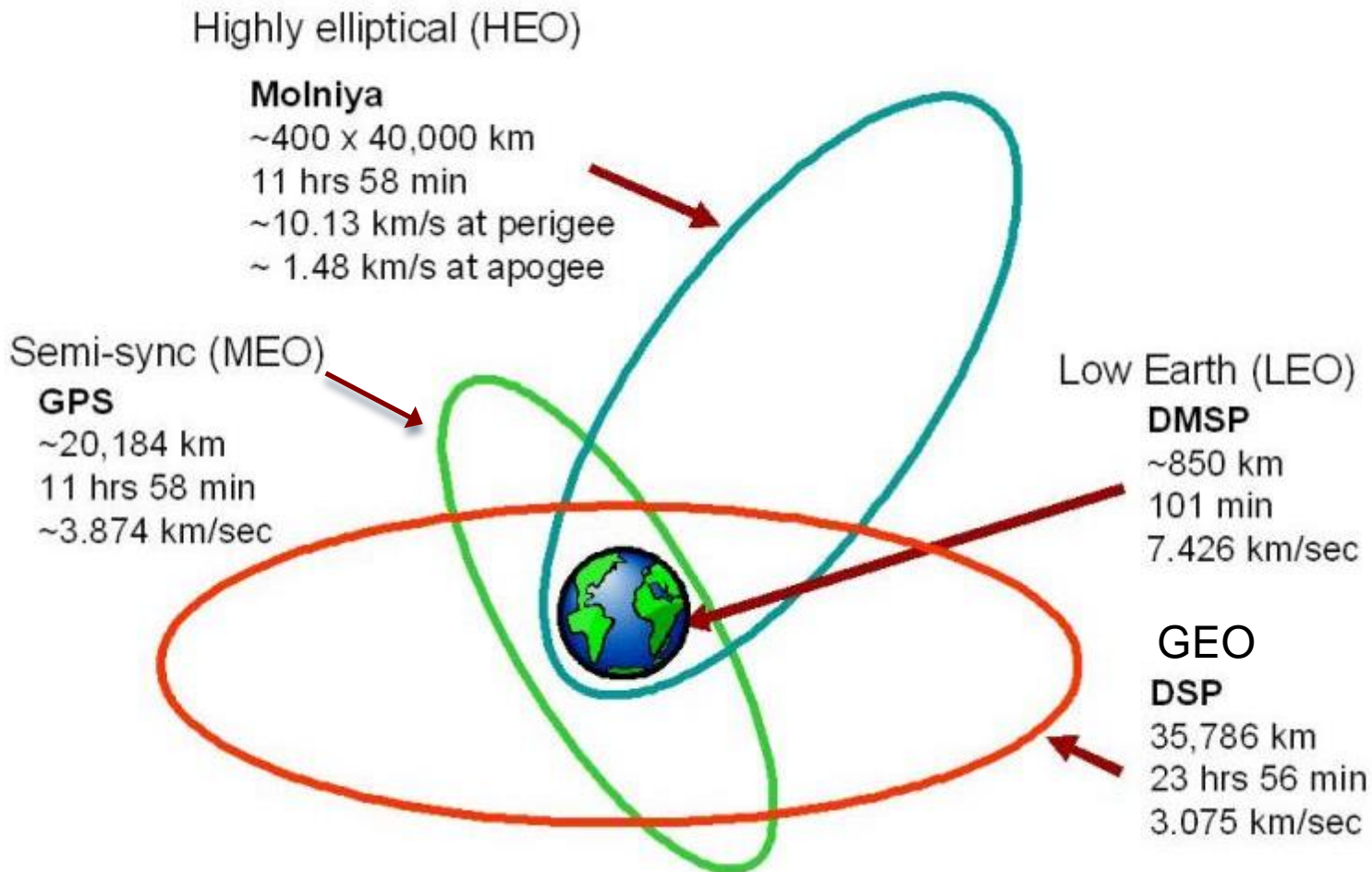
- Sateliti se koriste u ICT i navigacionim tehnologijama od sredine 1960-ih.
- Mobilni satelitski servisi startuju od početka 1980-ih, kada su prvi put sateliti korišćeni za komunikaciju u pomorskom sektoru. Nakon toga se uvode aeronautički i zemaljski personalni komunikacioni servisi.
- Intenzivan razvoj u *payload*-u (nosećoj strukturi) satelita, transmisionim 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

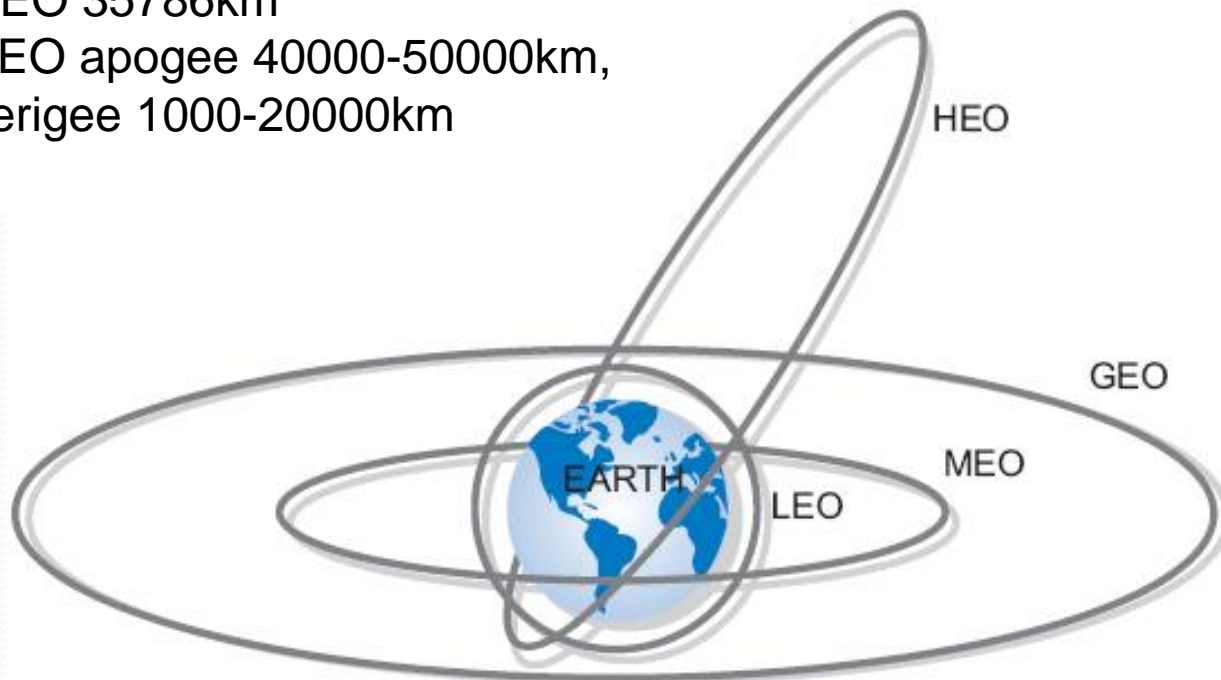
Orbite

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.

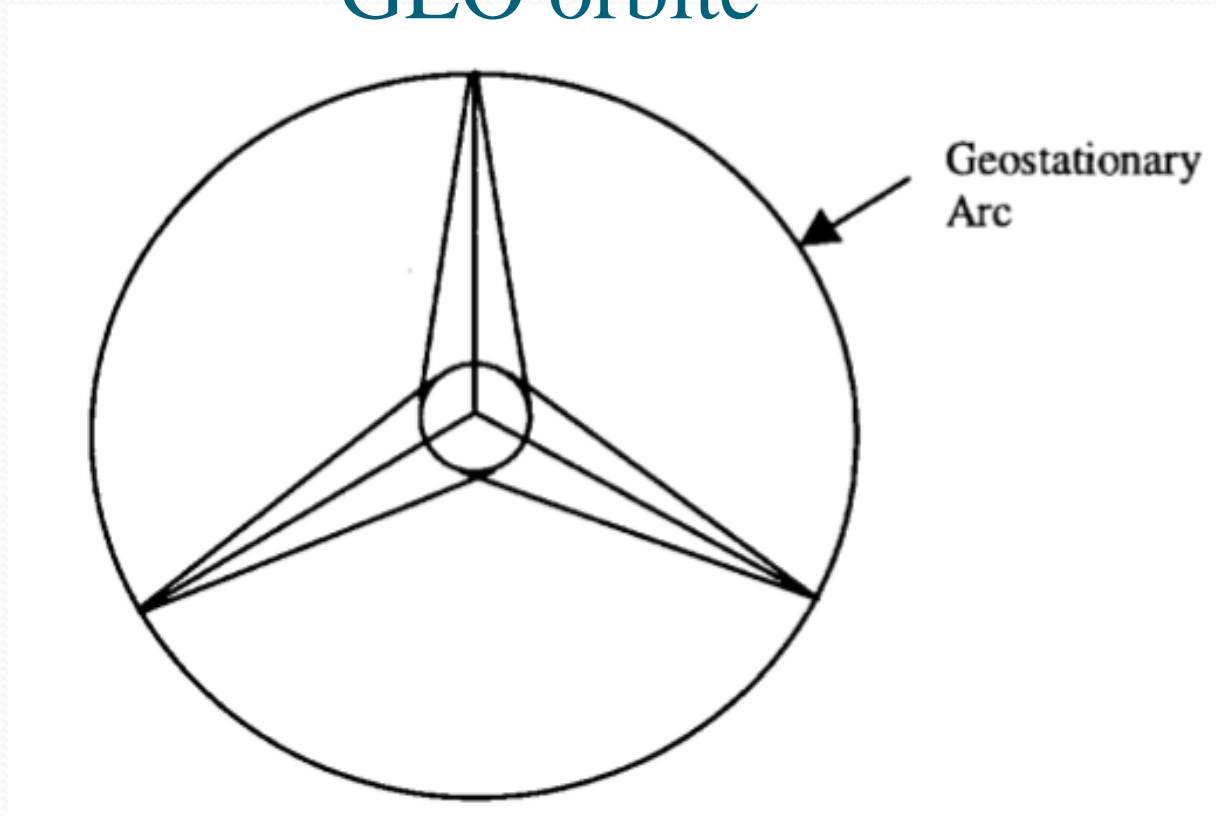
Satelitske ICT i navigacione tehnologije

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

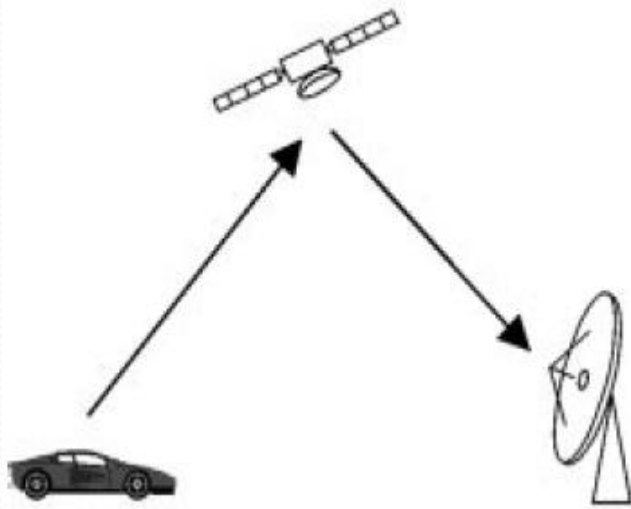
Satelitske ICT i navigacione tehnologije

GEO orbite

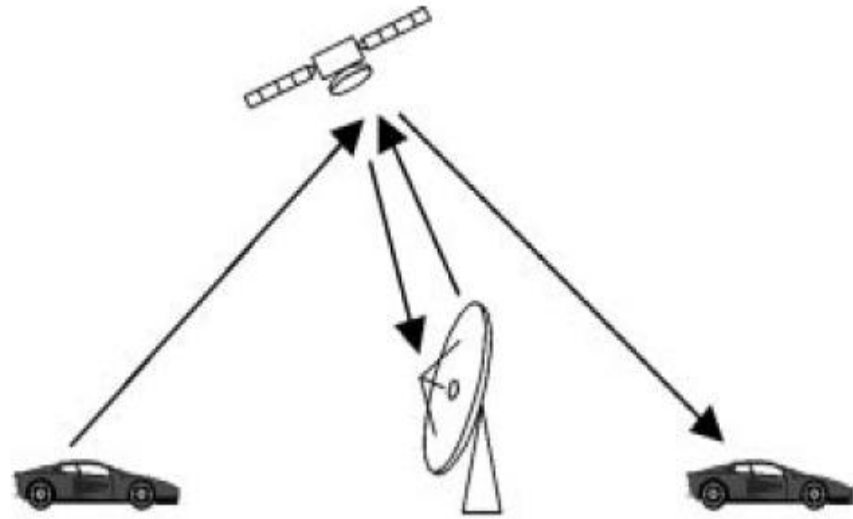
- *Single-hop* kašnjenje (zemlja satelit-satelit zemlja) usled propagacije iznosi od 250-280 ms i uz dodatno kašnjenje usled obrade kašnjenje može preći 300 ms.
- To zahtijeva korišćenje neke *echo-cancellation* tehnike kada se GEO sateliti koriste za govorne komunikacije.
- ITU određuje maksimalno kašnjenje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

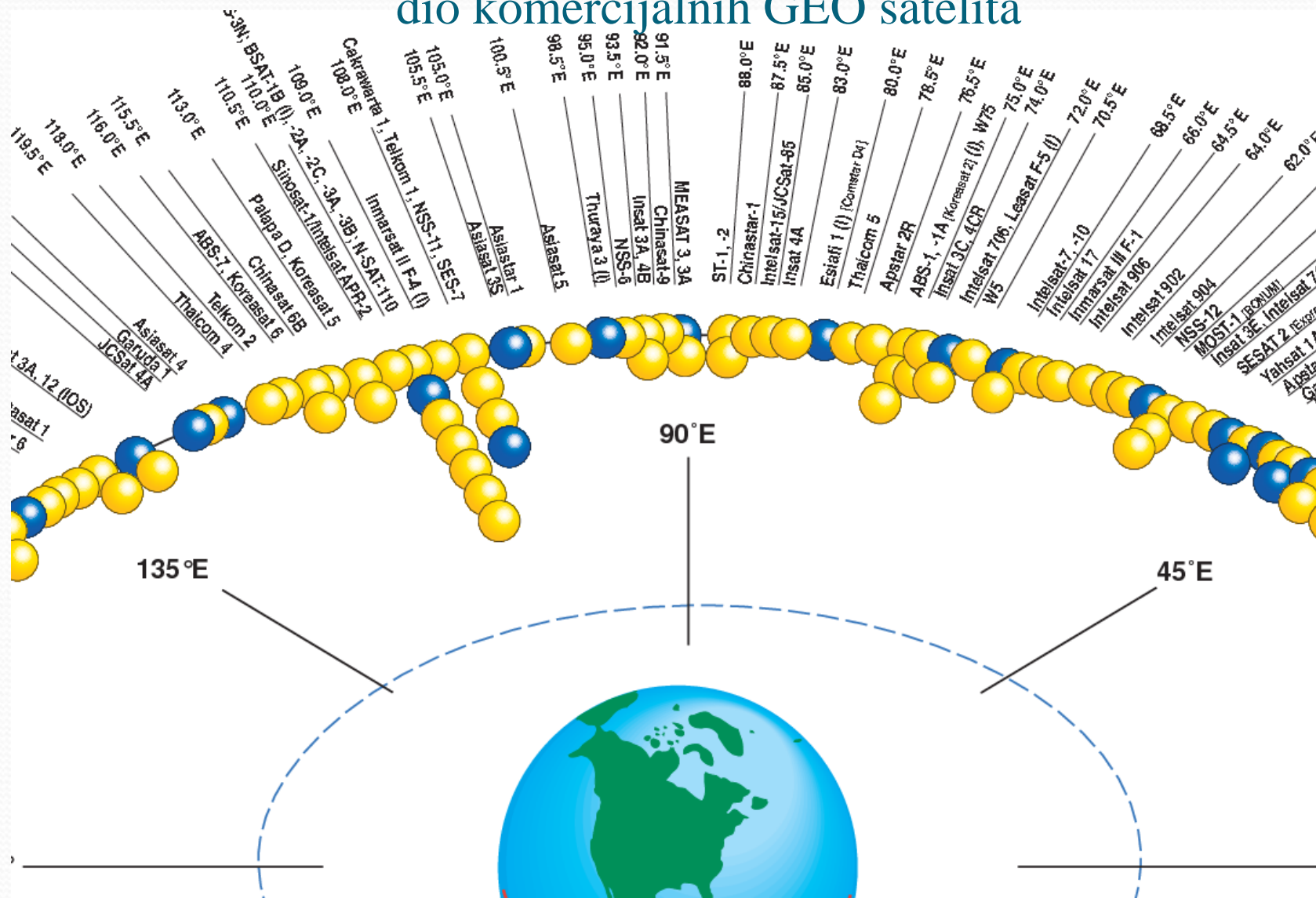
Satelitske ICT i navigacione tehnologije

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

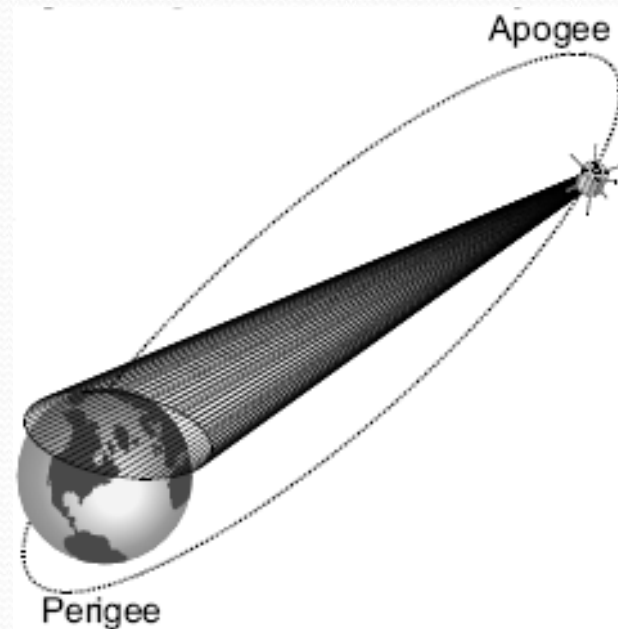
dio komercijalnih GEO satelita



Satelitske ICT i navigacione tehnologije

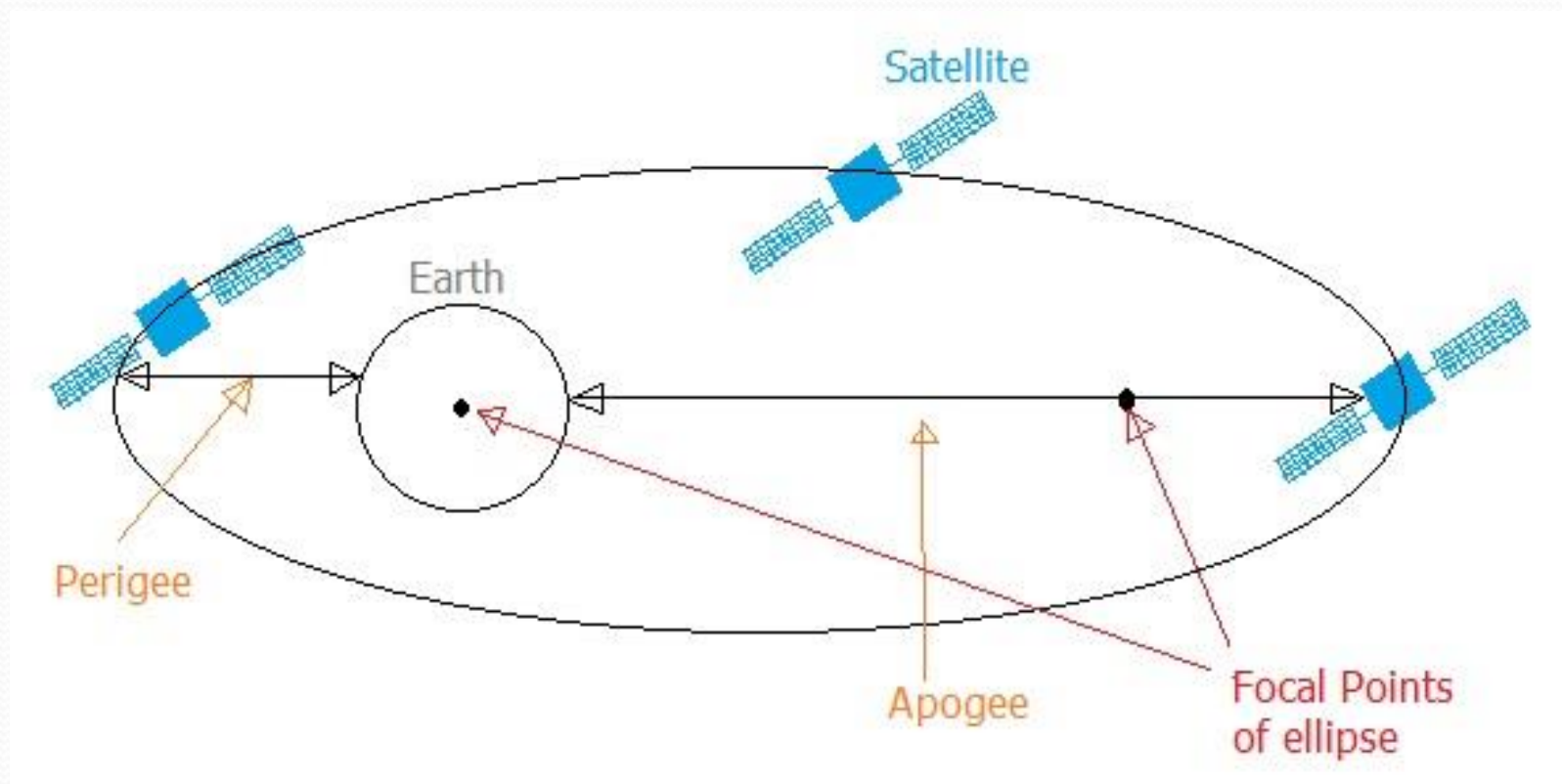
HEO orbite

- Visina: *apogee* 40000-50000km, *perigee* 1000-20000km
- Tri do četiri satelita potrebna za kontinualno pokrivanje određenog regiona
- Obezbeđivanja 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



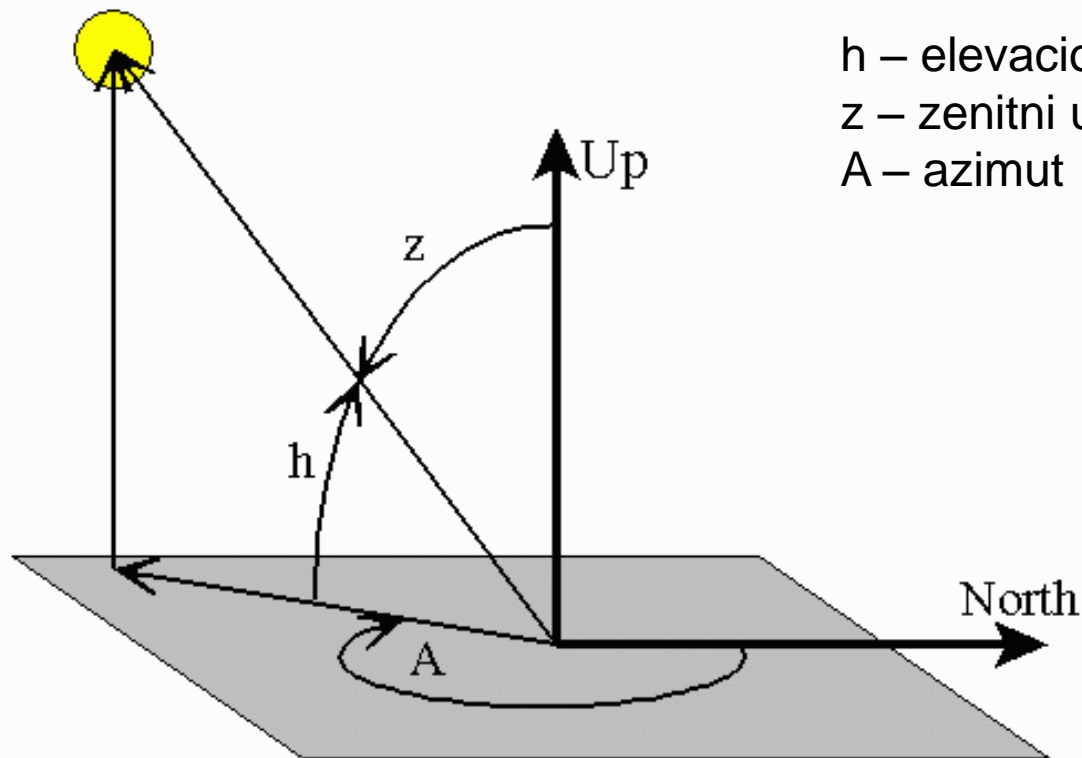
Satelitske ICT i navigacione tehnologije

Apogee i perigee HEO satelita



Satelitske ICT i navigacione tehnologije

Elevacioni, zenitni ugao i azimut satelita



h – elevacioni ugao
 z – zenitni ugao
 A – azimut

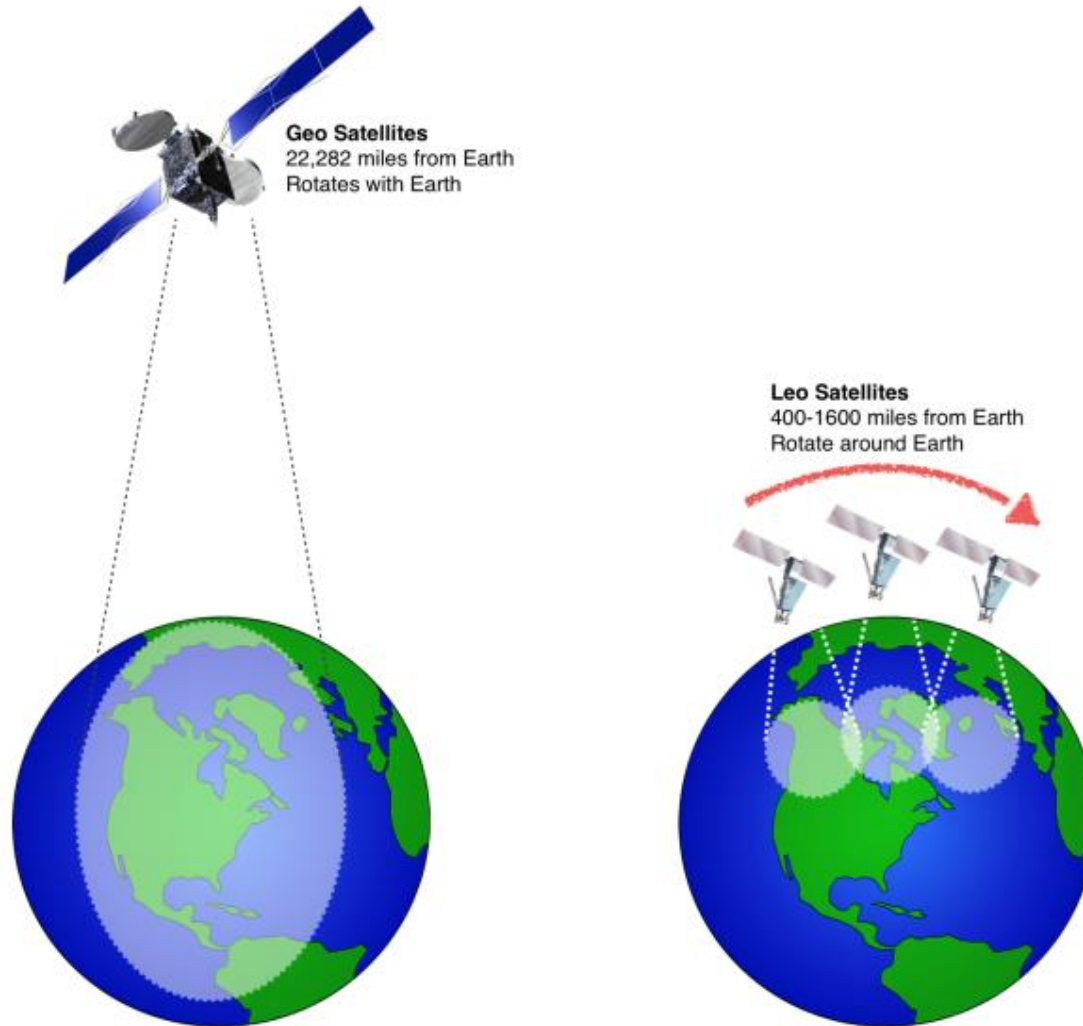
Satelitske ICT i navigacione tehnologije

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

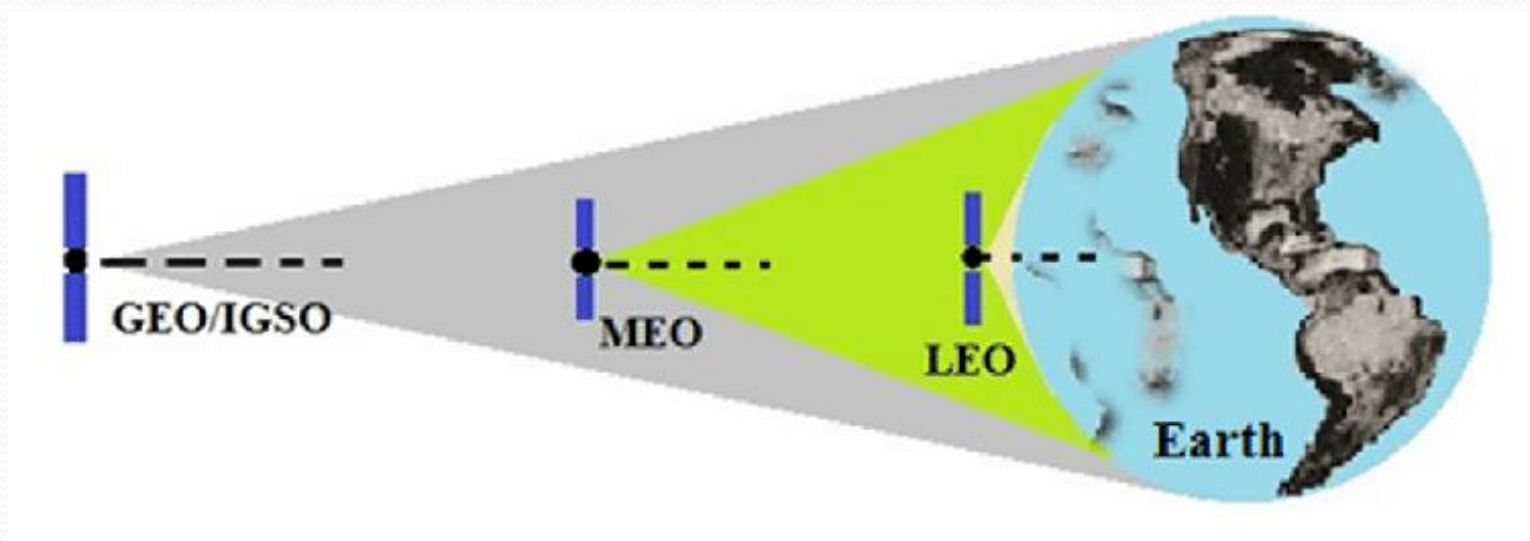
Satelitske ICT i navigacione tehnologije

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

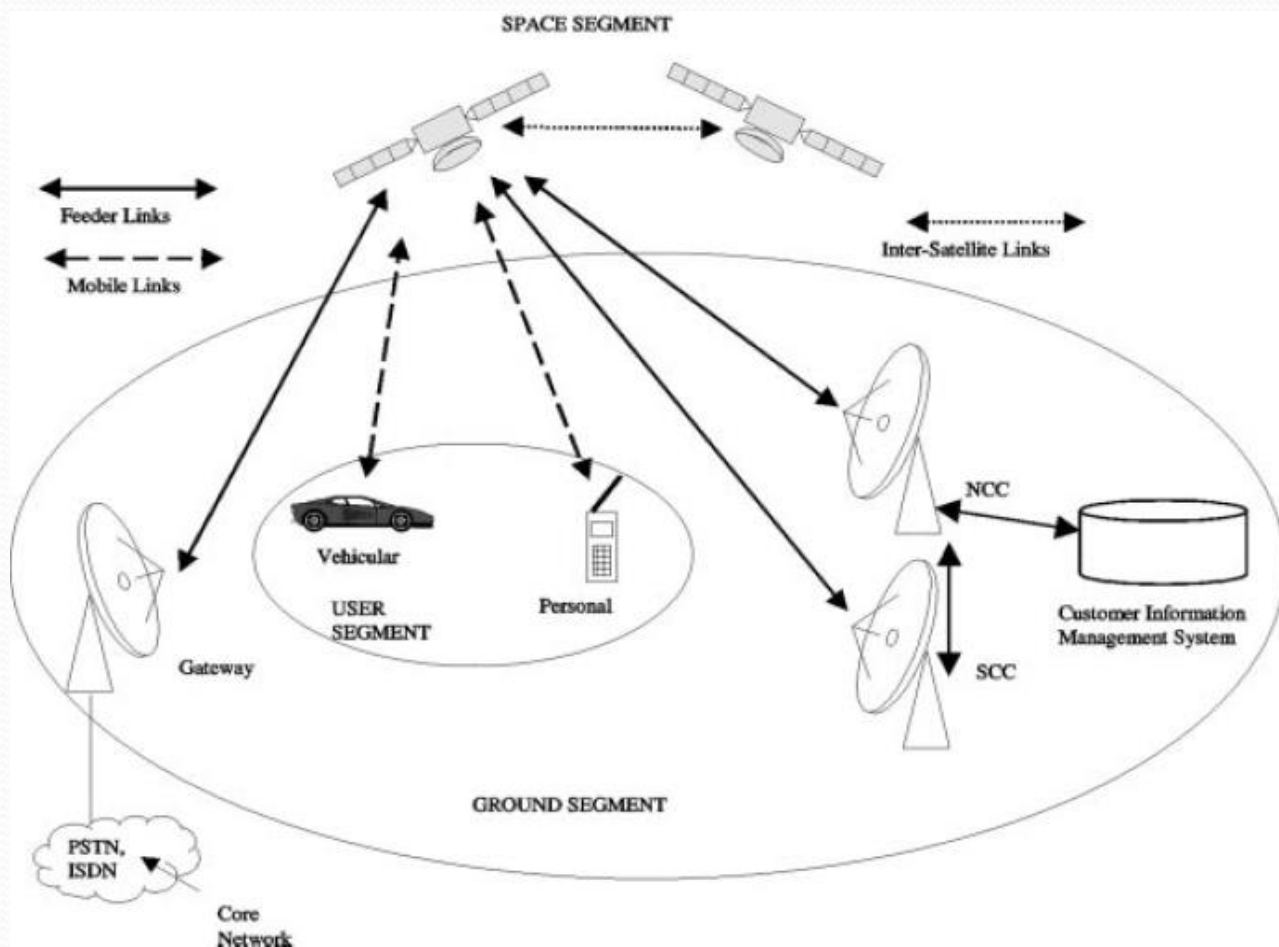
Poređenje GEO, MEO i LEO satelita

0

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
<i>Round Trip</i> 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.

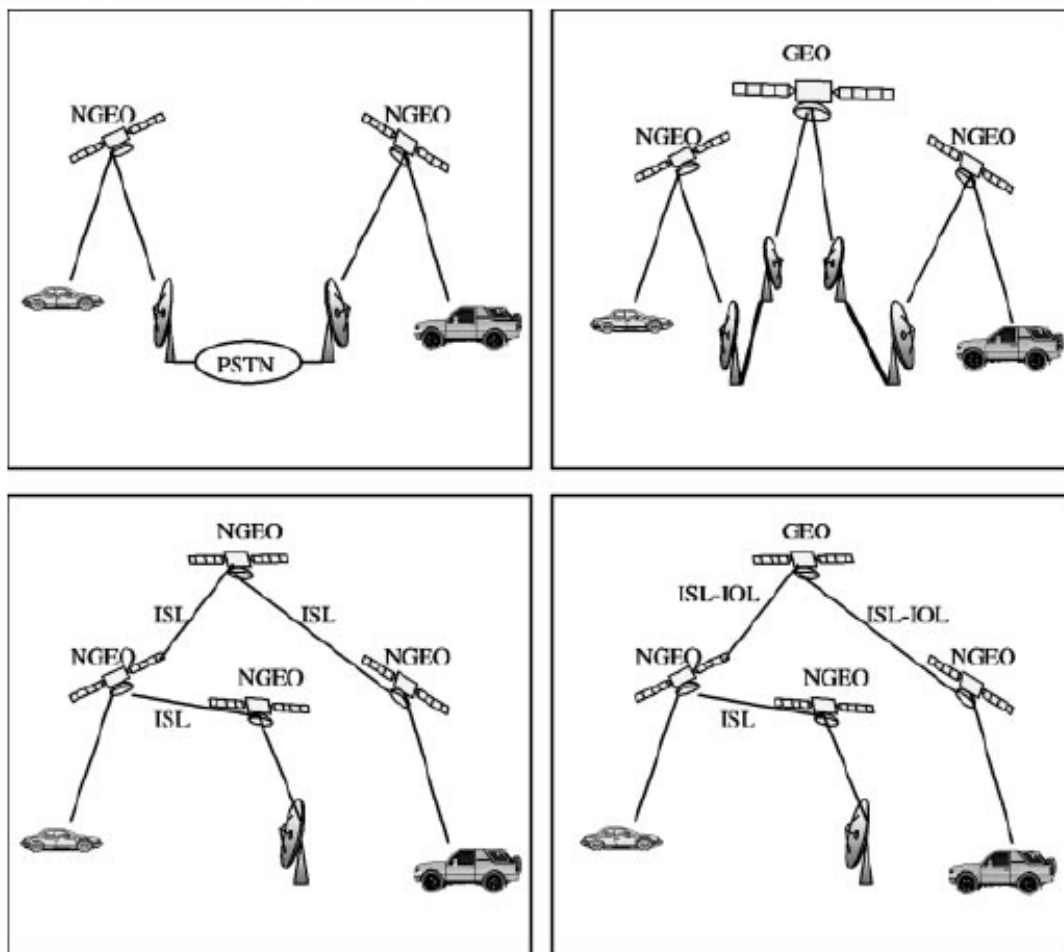
Satelitske ICT i navigacione tehnologije

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

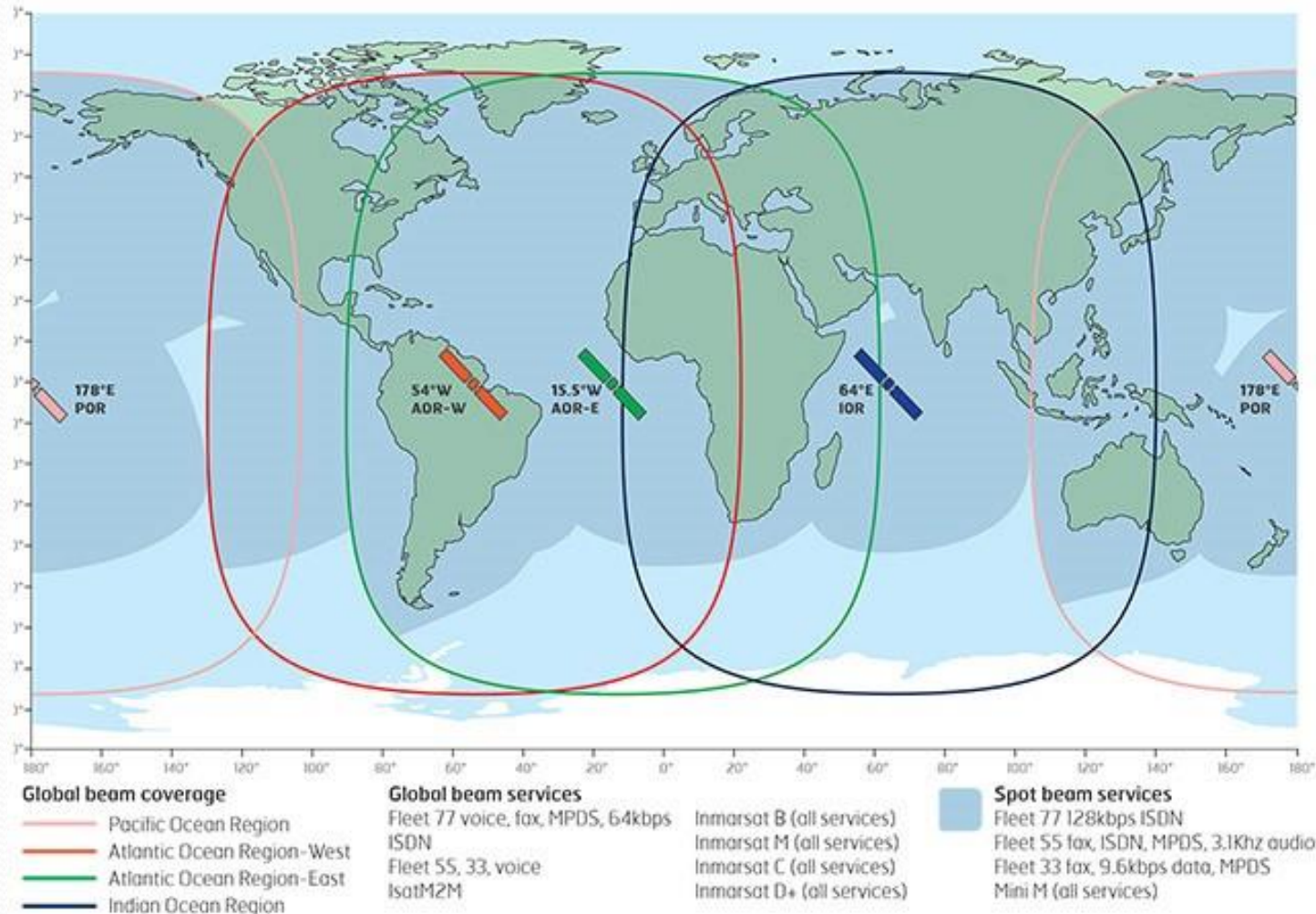
Satelitske ICT i navigacione tehnologije

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	—	—