

Telekomunikacioni servisi i tehnologije

Profesor dr Miroslav Lutovac

Sadržaj predmeta

1. Uvodno predavanje.
2. Radiofrekvencijska identifikacija (RFID)
3. Globalni sistem za pozicioniranje (GPS)
4. Bežične senzorske mreže
5. Standardne i dodatne usluge fiksne telefonije

- Lekcija 7:
Globalni navigacioni satelitski sistemi
- (Global Navigation Satellite System, GNSS)
- Navigacione poruke i signali, pseudoranging (A. Zeković)

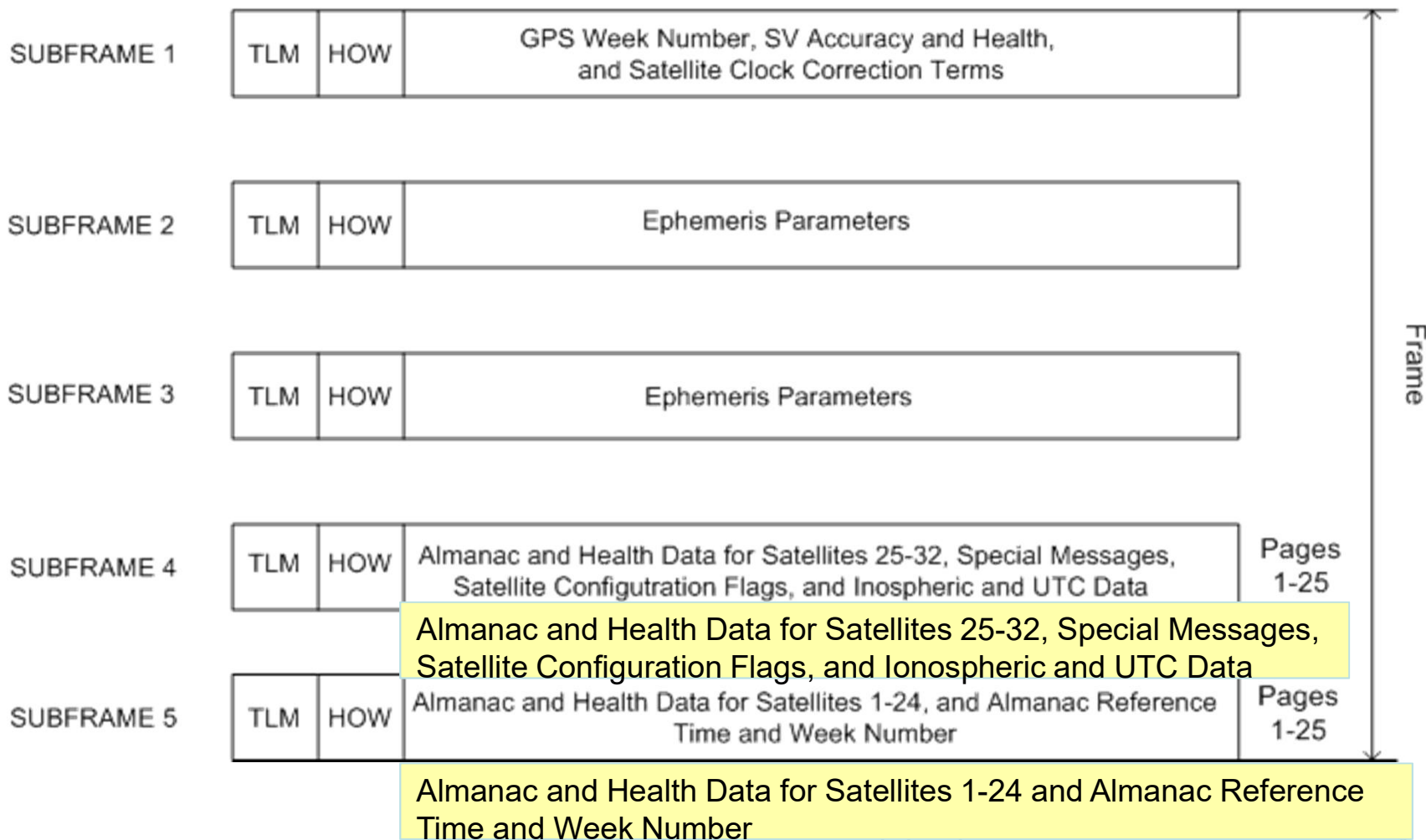
Navigacione poruke i signali

- Sateliti šalju broadcast poruke sa brzinom podataka 50 bit/s
 $300 \text{ b}/(50 \text{ b/s}) = 6 \text{ s}$
 $5 \text{ subfrejmova} \times 6 \text{ s} = 30 \text{ s}$
- Ovako mala brzina prenosa je posledica velike udaljenosti satelita, što dovodi do velikog slabljenja, pa bi veliku brzinu bitu bilo teško preneti
- Takođe, ova brzina je dovoljna za prenos informacija sa satelita, pa nema potrebe za velikom brzinom

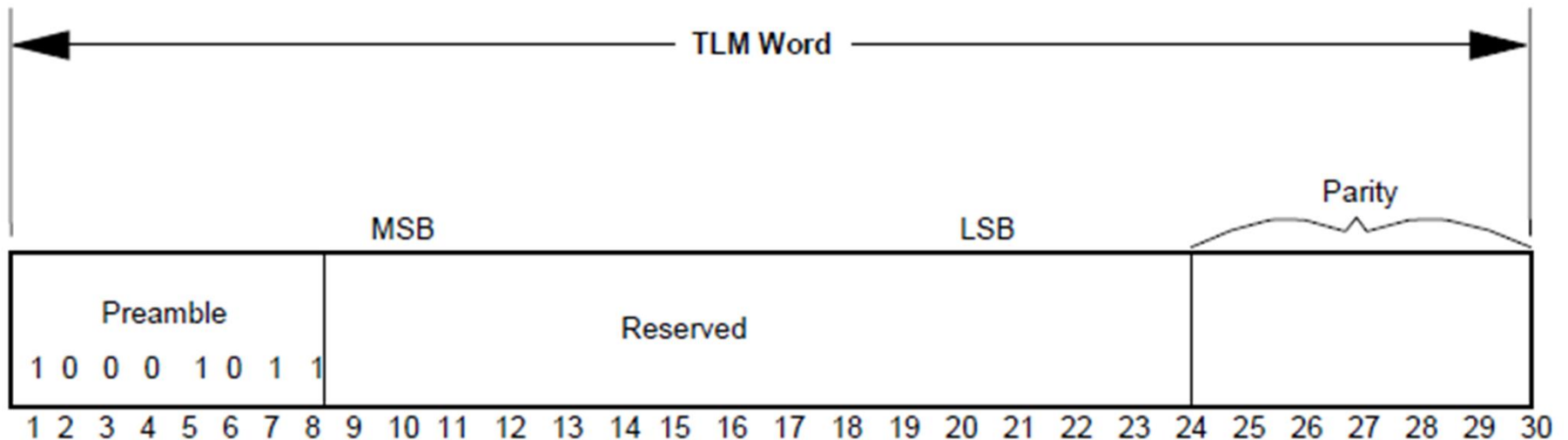
Struktura GPS frejma

Telemetry (TLM) word
Handover Word (HOW)

Significant Subframe Contents



Telemetry (TLM) word

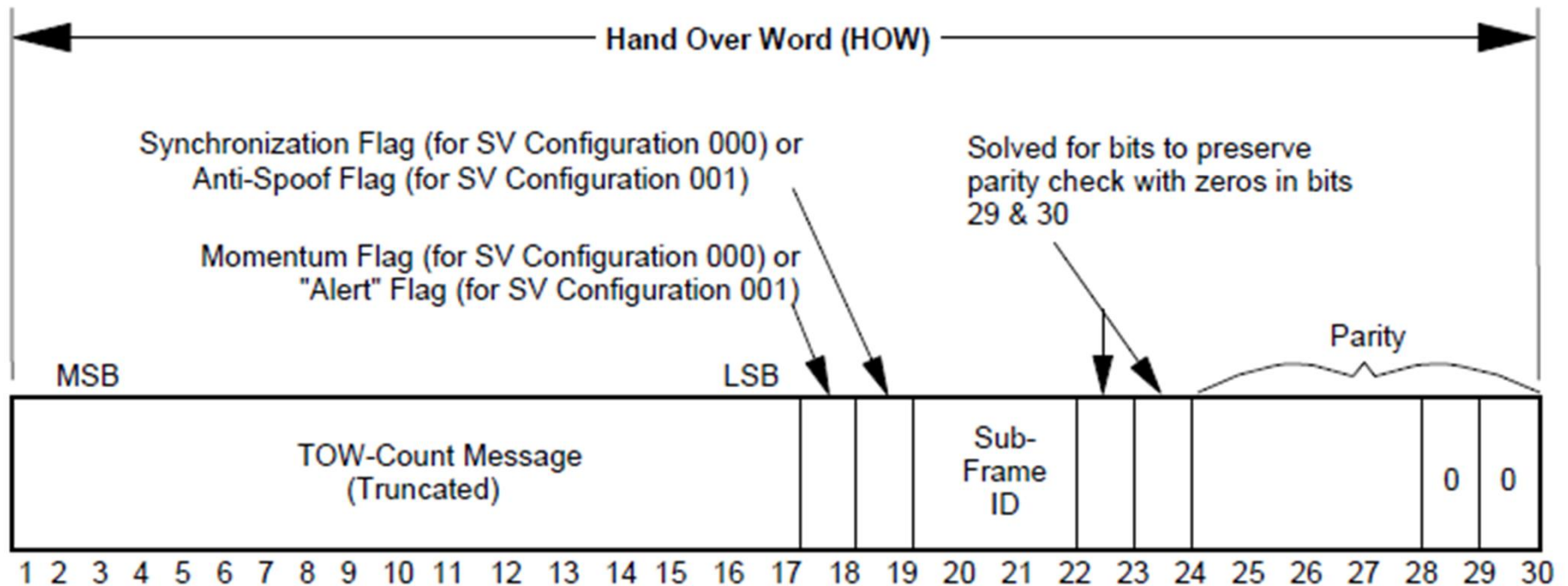


Svaka TLM reč je 30 bita dugačka, dešava se svakih 6s u data frejmu, i to je prva reč u svakom subfrejmu/strani

Prvo se šalje bit 1

Svaki TLM počinje sa preambulom, posle kojih je 16 primljenih bita i 6 bita parnosti

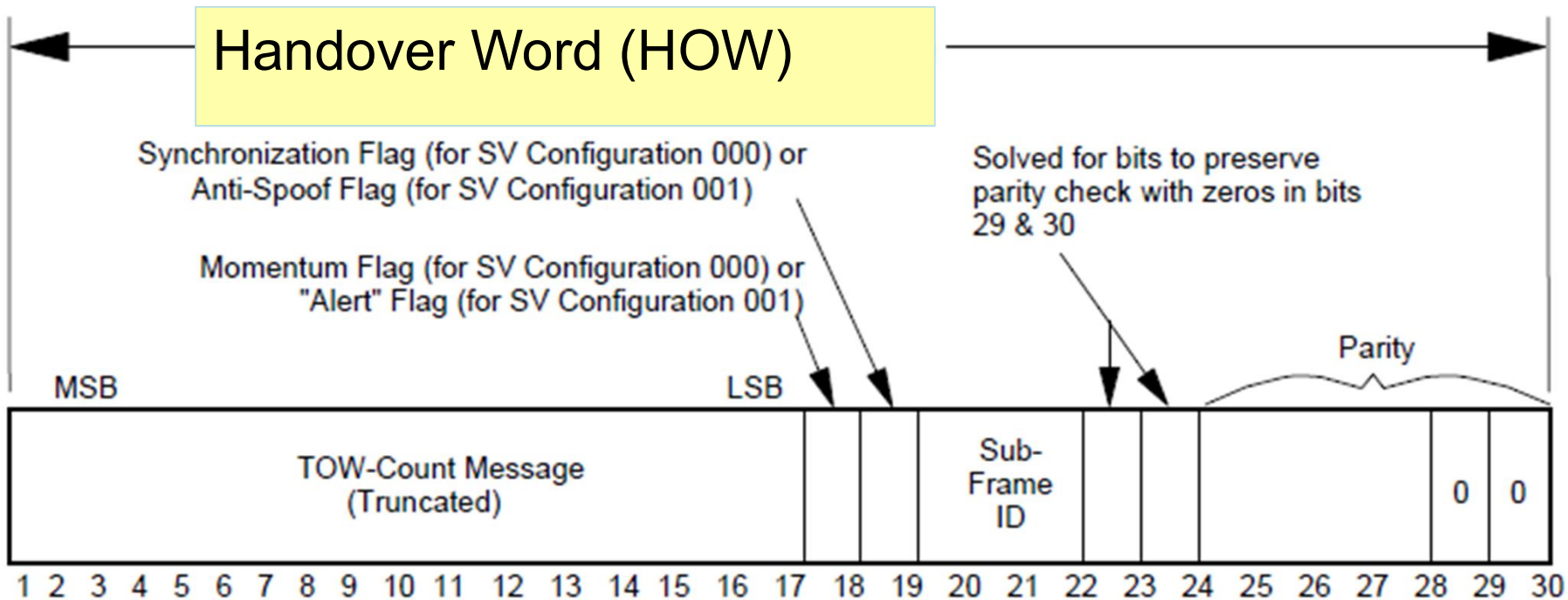
Handover Word (HOW)



HOW je dužine 30 bita; to je druga reč u svakom subframe/page, odmah nakon TLM reči

HOW se pojavljuje svakih 6s u data frejmu

MSB se šalje prvo; HOW počinje sa brojanjem 17 MSB vreme-u-nedelji time-of-week (TOW)



<u>Subframe</u>	<u>ID Code</u>
1	001
2	010
3	011
4	100
5	101

Subframe 1 Parameters

Parameter	No. of Bits	Scale Factor (LSB)	Effective Range***	Units
Week No.	10	1		Week
satellite accuracy	4			(see text)
satellite health	6	1		discretes
T_{GD}	8*	2^{-31}		seconds
IODC	10			(see text)
t_{oc}	16	2^4	604,784	seconds
a_{f2}	8*	2^{-55}		sec/sec ²
a_{f1}	16*	2^{-43}		sec/sec
a_{f0}	22*	2^{-31}		seconds
* Parameters so indicated are two's complement, with the sign bit (+ or -) occupying the MSB; ** See Figure 2-8 for complete bit allocation in subframe; *** Unless otherwise indicated in this column, effective range is the maximum range attainable with indicated bit allocation and scale factor.				

Almanac

Almanac je godišnji kalendar koji sadrži važne datume i statističke informacije

- The almanac reference time, t_{oa} , is nominally the multiple of 2^{12} seconds truncated from 3.5 days after the first valid transmission time for this almanac data set
- The almanac is updated often enough to ensure that GPS time, t , will differ from t_{oa} by less than 3.5 days during the transmission period
- The almanac parameters are updated at least once every 6 days during normal operations

Navigacione poruke i signali

- Poruka se sastoji od 5 subfrejmova (SF) čija je dužina 300 bita (potrebno je 6 s), pa je za celu poruku potrebno 30 s
- 1. SF sadrži informacije o rednom broju satelita, njegovom stanju, eventulanoj korekciji njegovog časovnika
- 2. i 3. SF sadreže podatke o lokaciji (ephemeris) satelita
- 4. i 5. SF sadreže Almanac koji predstavlja podatke o drugim satelitima u susedstvu koji su na raspolaganju prijemniku
- Almanac se šalje da bi se ubrzao proces proračuna na strani prijemnika, pošto u prvom trenutku stiže najjači signal, a zatim se od ovog satelita dobiju smernice koje satelite dalje da uključi u proračun
- Za još veće ubrzanje rada i proračuna koristi se A-GPS

Ephemeris

M_0	Mean Anomaly at Reference Time
Δn	Mean Motion Difference from Computed Value
e	Eccentricity
$(A)^{1/2}$	Square Root of the Semi-Major Axis
$(\text{OMEGA})_0$	Longitude of Ascending Node of Orbit Plane at Weekly Epoch
i_0	Inclination Angle at Reference Time
ω	Argument of Perigee
OMEGADOT	Rate of Right Ascension
IDOT	Rate of Inclination Angle
C_{uc}	Amplitude of the Cosine Harmonic Correction Term to the Argument of Latitude
C_{us}	Amplitude of the Sine Harmonic Correction Term to the Argument of Latitude
C_{rc}	Amplitude of the Cosine Harmonic Correction Term to the Orbit Radius
C_{rs}	Amplitude of the Sine Harmonic Correction Term to the Orbit Radius
C_{ic}	Amplitude of the Cosine Harmonic Correction Term to the Angle of Inclination
C_{is}	Amplitude of the Sine Harmonic Correction Term to the Angle of Inclination
t_{oe}	Reference Time Ephemeris
IODE	Issue of Data (Ephemeris)

Ephemeris Parameters - tabela ili datoteka sa podacima koji daju izračunate položaje nebeskog objekta u redovnim intervalima tokom čitavog perioda

Parameter	No. of Bits	Scale Factor (LSB)	Effective Range***	Units
IODE	8			(see text)
C_{rs}	16*	2 ⁻⁵		meters
Δn	16*	2 ⁻⁴³		semi-circles/sec
M_0	32*	2 ⁻³¹		semi-circles
C_{uc}	16*	2 ⁻²⁹		radians
e	32	2 ⁻³³	0.03	dimensionless
C_{us}	16*	2 ⁻²⁹		radians
$(A)^{1/2}$	32	2 ⁻¹⁹		meters ^{1/2}
t_{oe}	16	2 ⁴	604,784	seconds
C_{ic}	16*	2 ⁻²⁹		radians
$(\text{OMEGA})_0$	32*	2 ⁻³¹		semi-circles
C_{is}	16*	2 ⁻²⁹		radians
i_0	32*	2 ⁻³¹		semi-circles
C_{rc}	16*	2 ⁻⁵		meters
ω	32*	2 ⁻³¹		semi-circles
OMEGADOT	24*	2 ⁻⁴³		semi-circles/sec
IDOT	14*	2 ⁻⁴³		semi-circles/sec

* Parameters so indicated are two's complement, with the sign bit (+ or -) occupying the MSB;
 ** See Figure 2-8 for complete bit allocation in subframe;
 *** Unless otherwise indicated in this column, effective range is the maximum range attainable with indicated bit allocation and scale factor.

Navigation Data Health Indications

BIT POSITION IN PAGE			INDICATION
137	138	139	
0	0	0	ALL DATA OK
0	0	1	PARITY FAILURE -- some or all parity bad
0	1	0	TLM/HOW FORMAT PROBLEM -- any departure from standard format (e.g., preamble misplaced and/or incorrect, etc.), except for incorrect Z-count, as reported in HOW
0	1	1	Z-COUNT IN HOW BAD -- any problem with Z-count value not reflecting actual code phase
1	0	0	SUBFRAMES 1, 2, 3 -- one or more elements in words three through ten of one or more subframes are bad.
1	0	1	SUBFRAMES 4, 5 -- one or more elements in words three through ten of one or more subframes are bad.
1	1	0	ALL UPLOADED DATA BAD -- one or more elements in words three through ten of any one (or more) subframes are bad.
1	1	1	ALL DATA BAD -- TLM word and/or HOW and one or more elements in any one (or more) subframes are bad.

Codes for Health of Satellite Signal Components

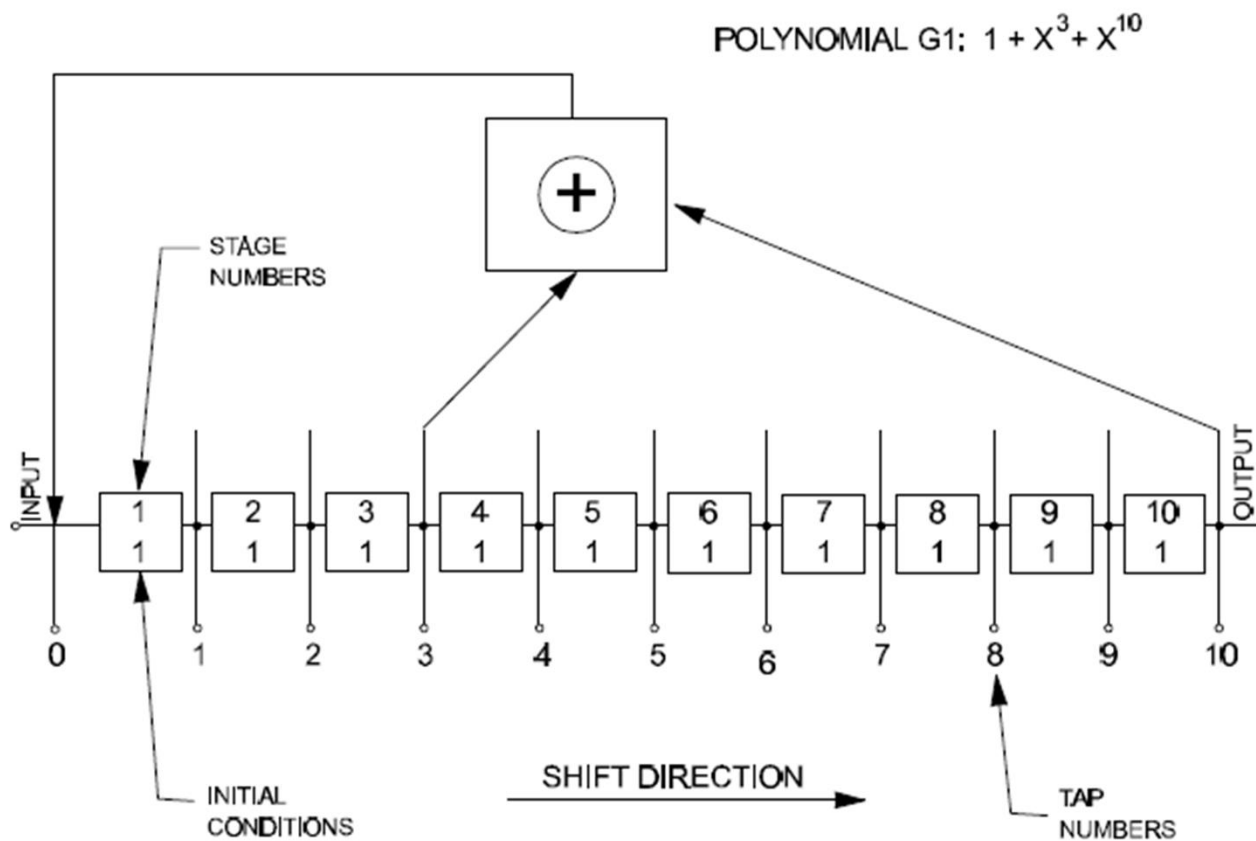
MSB				LSB		
0	0	0	0	0	0	⇒ ALL SIGNALS OK
1	1	1	0	0	0	⇒ SATELLITE <u>IS</u> TEMPORARILY OUT~do not use this satellite during current pass**
1	1	1	0	1	1	⇒ SATELLITE <u>WILL BE</u> TEMPORARILY OUT~ use with caution**
1	1	1	1	0	0	⇒ SPARE
1	1	1	1	1	1	⇒ MORE THAN ONE COMBINATION WOULD BE REQUIRED TO DESCRIBE ANOMALIES, EXCEPT THOSE MARKED BY **
All Other Combinations						⇒ SATELLITE EXPERIENCING CODE MODULATION AND/OR SIGNAL POWER LEVEL TRANSMISSION PROBLEMS. Modulated navigation data valid, however user may experience intermittent tracking problems if satellite is acquired.

Universal Coordinated Time (UTC) Parameters

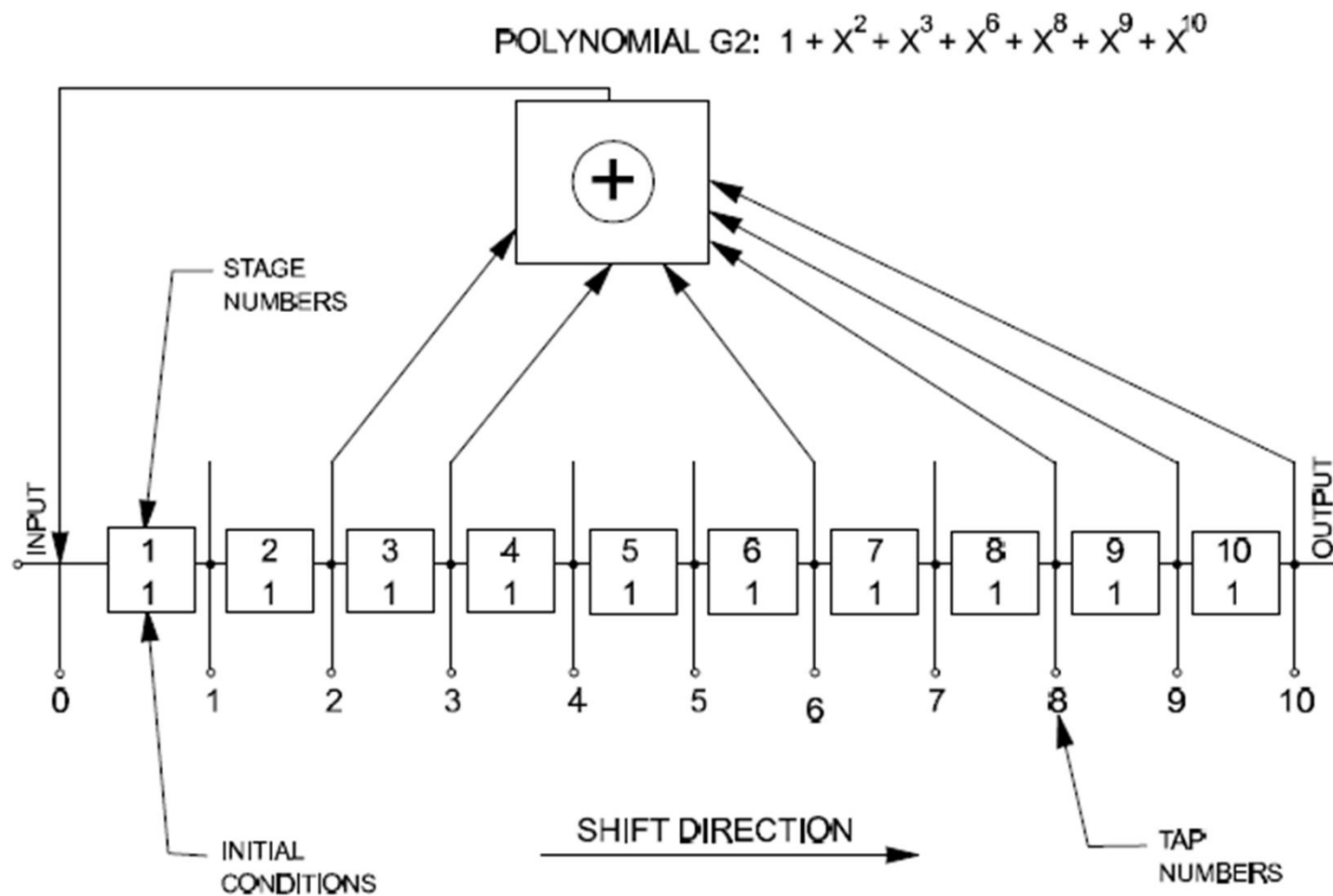
Parameter	No. of Bits	Scale Factor (LSB)	Effective Range***	Units
A_0	32*	2^{-30}		seconds
A_1	24*	2^{-50}		sec/sec
Δt_{LS}	8	1		seconds
t_{ot}	8	2^{12}	602,112	seconds
WN_t	8	1		weeks
WN_{LSF}	8	1		weeks
DN	8****	1	7	days
Δt_{LSF}	8*	1		seconds

* Parameters so indicated are two's complement, with the sign bit (+ or -) occupying the MSB;
 ** See Figure 2-8 for complete bit allocation in subframe;
 *** Unless otherwise indicated in this column, effective range is the maximum range attainable with indicated bit allocation and scale factor.
 **** Right justified.

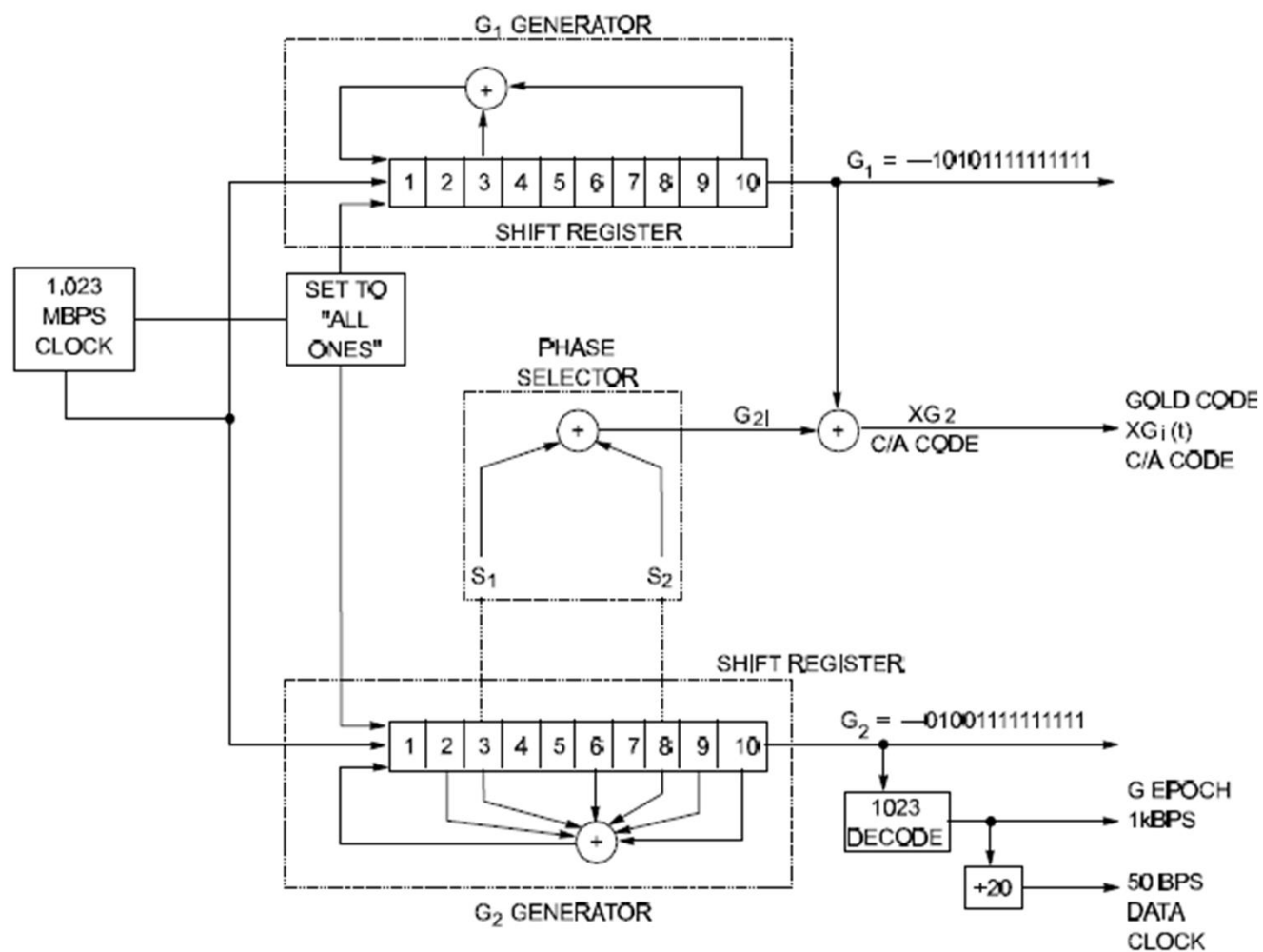
G1 Shift Register Generator Configuration



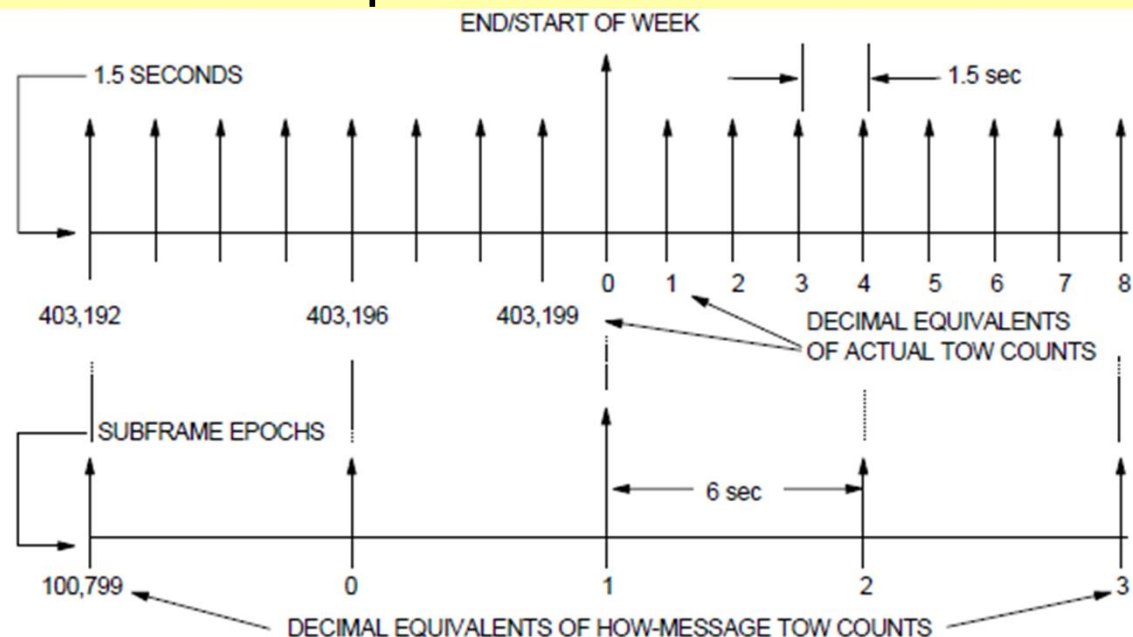
G2 Shift Register Generator Configuration



C/A-Code Generation



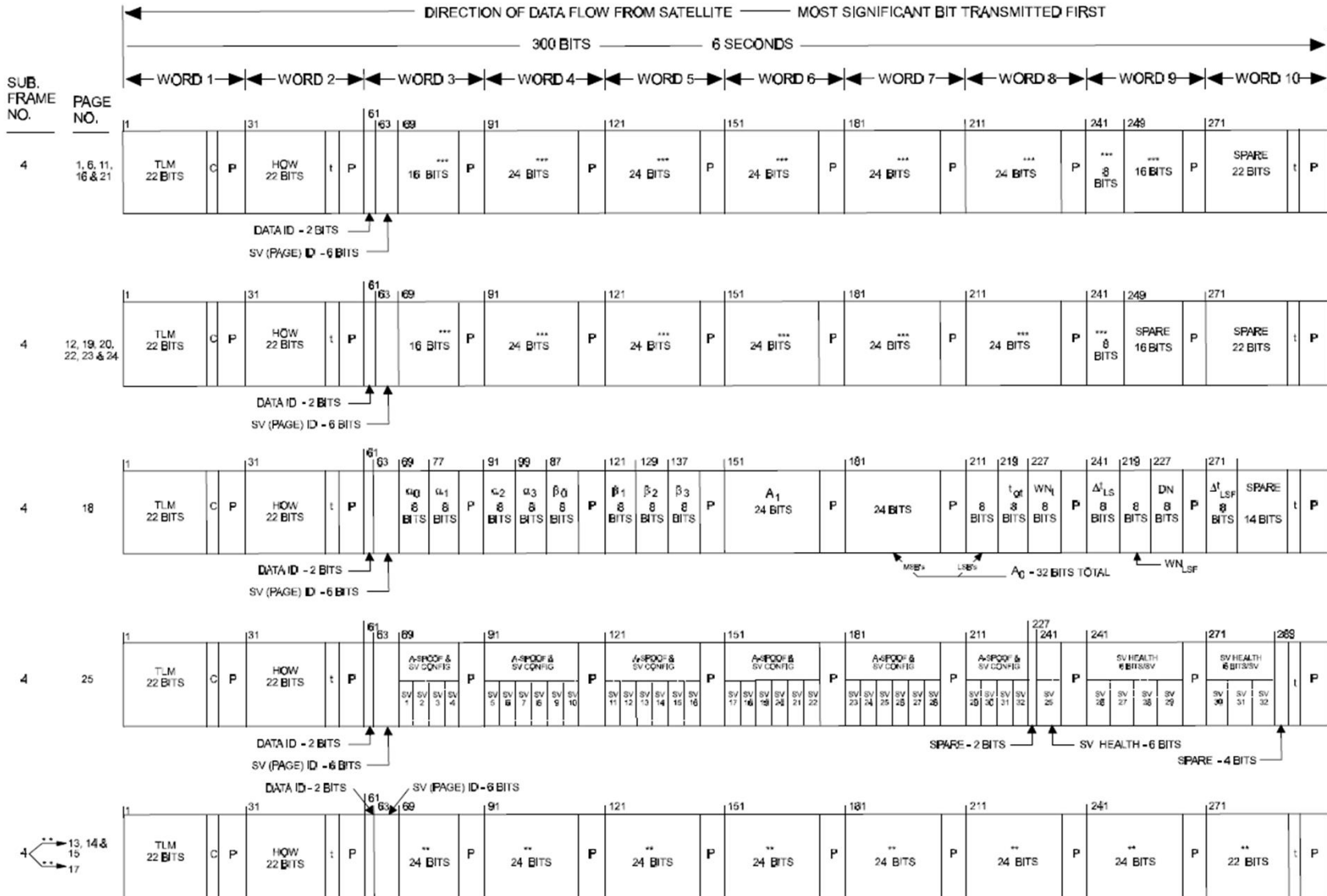
Time Line Relationship of HOW Word



NOTE:

1. TO AID IN RAPID GROUND LOCK-ON THE HAND-OVER WORD (HOW) OF EACH SUBFRAME CONTAINS A TRUNCATED TIME-OF-WEEK (TOW) COUNT.
2. THE HOW IS THE SECOND WORD IN EACH SUBFRAME.
3. THE HOW-MESSAGE TOW COUNT CONSISTS OF THE 17 MSB's OF THE ACTUAL TOW COUNT AT THE START OF THE NEXT SUBFRAME.
4. TO CONVERT FROM THE HOW-MESSAGE TOW COUNT TO THE ACTUAL TOW COUNT AT THE START OF THE NEXT SUBFRAME, MULTIPLY BY FOUR.
5. THE FIRST SUBFRAME STARTS SYNCHRONOUSLY WITH THE END/START OF WEEK EPOCH.

Data Format



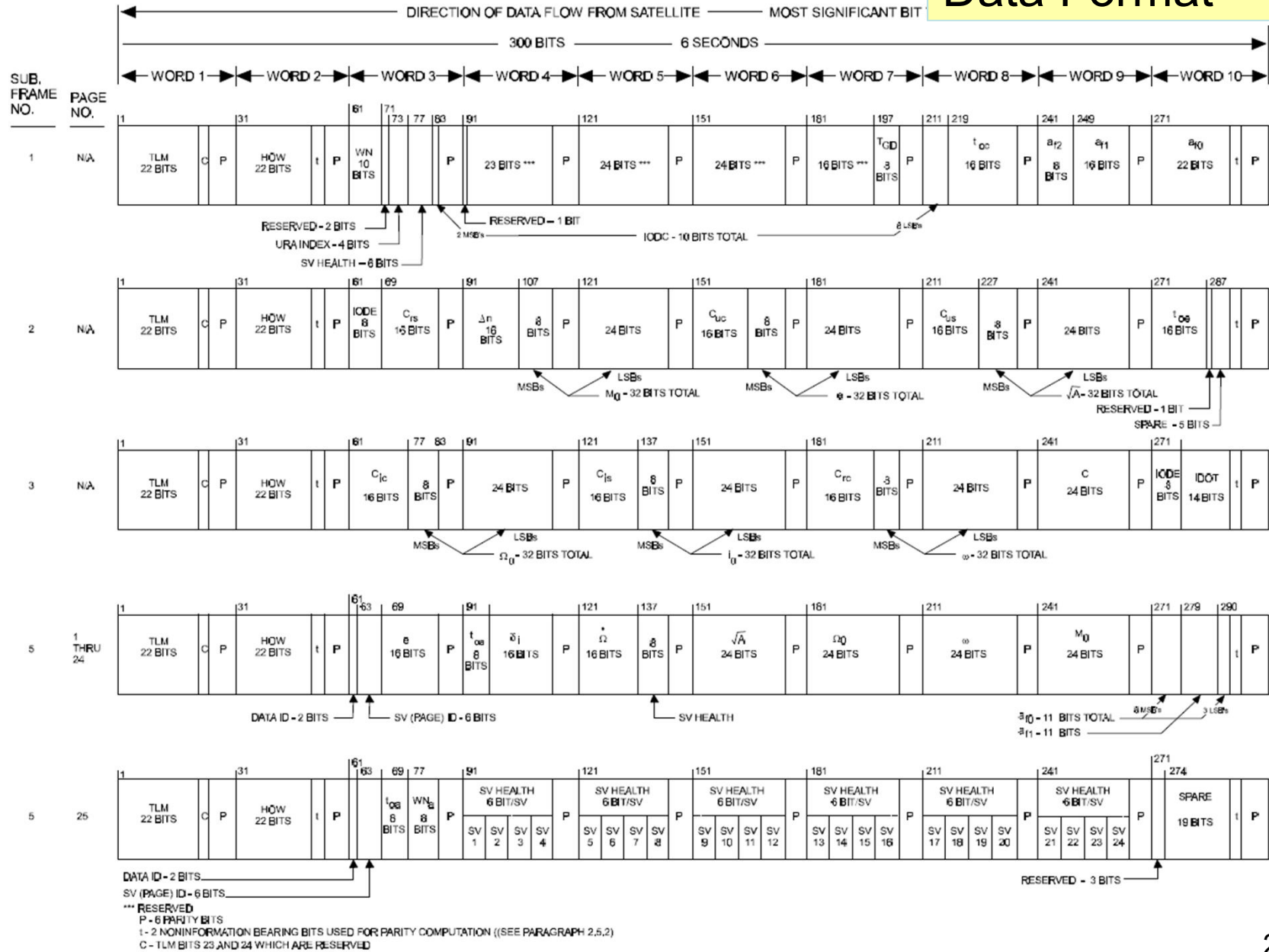
*** RESERVED

1 = 2 NONINFORMATION BEARING BITS USED FOR PARITY COMPUTATION (SEE PARAGRAPH 2.5.2)

NOTE: PAGES 2,3,4,5,7,8,9 & 10 FOR SUBFRAME 4 HAVE SAME FORMAT AS PAGES 1 THOUGH 24 OF SUBFRAME 5

NOTE: PAGES 2,3,4,5,7,8,9 & 10 FOR SUBFRAME 4 HAVE SAME FORMAT AS PAGES 1 THOUGH 24 OF SUBFRAME 5

Data Format



Elements of Coordinate Systems

$$A = (\sqrt{A})^2$$

Semi-major axis

$$n_0 = \sqrt{\frac{\mu}{A^3}}$$

Computed mean motion - rad/sec

$$t_k = t - t_{oe}^*$$

Time from ephemeris reference epoch

$$n = n_0 + \Delta n$$

Corrected mean motion

$$M_k = M_0 + nt_k$$

Mean anomaly

$$M_k = E_k - e \sin E_k$$

Kepler's equation for eccentric anomaly (may be solved by iteration) - radians

$$v_k = \tan^{-1} \left\{ \frac{\sin v_k}{\cos v_k} \right\} = \tan^{-1} \left\{ \frac{\sqrt{1 - e^2} \sin E_k / (1 - e \cos E_k)}{(\cos E_k - e) / (1 - e \cos E_k)} \right\} \text{ True anomaly}$$

$$E_k = \cos^{-1} \left\{ \frac{e + \cos v_k}{1 + e \cos v_k} \right\}$$

Eccentric anomaly

$$\Phi_k = v_k + \omega$$

Argument of latitude

Elements of Coordinate Systems

$$\delta u_k = C_{us} \sin 2\Phi_k + C_{uc} \cos 2\Phi_k$$

$$\delta r_k = C_{rc} \cos 2\Phi_k + C_{rs} \sin 2\Phi_k$$

$$\delta i_k = C_{ic} \cos 2\Phi_k + C_{is} \sin 2\Phi_k$$

$$u_k = \Phi_k + \delta u_k$$

$$r_k = A(1 - e \cos E_k) + \delta r_k$$

$$i_k = i_0 + \delta i_k + (\text{IDOT}) t_k$$

$$\left. \begin{aligned} x_k' &= r_k \cos u_k \\ y_k' &= r_k \sin u_k \end{aligned} \right\}$$

$$\Omega_k = \Omega_0 + (\dot{\Omega} - \dot{\Omega}_e) t_k - \dot{\Omega}_e t_{oe}$$

$$\left. \begin{aligned} x_k &= x_k' \cos \Omega_k - y_k' \sin \Omega_k \sin i_k \\ y_k &= x_k' \sin \Omega_k + y_k' \cos \Omega_k \sin i_k \\ z_k &= y_k' \cos i_k \end{aligned} \right\}$$

Second Harmonic Perturbations

Argument of latitude correction

Radius correction

Correction to inclination

Corrected argument of latitude

Corrected radius

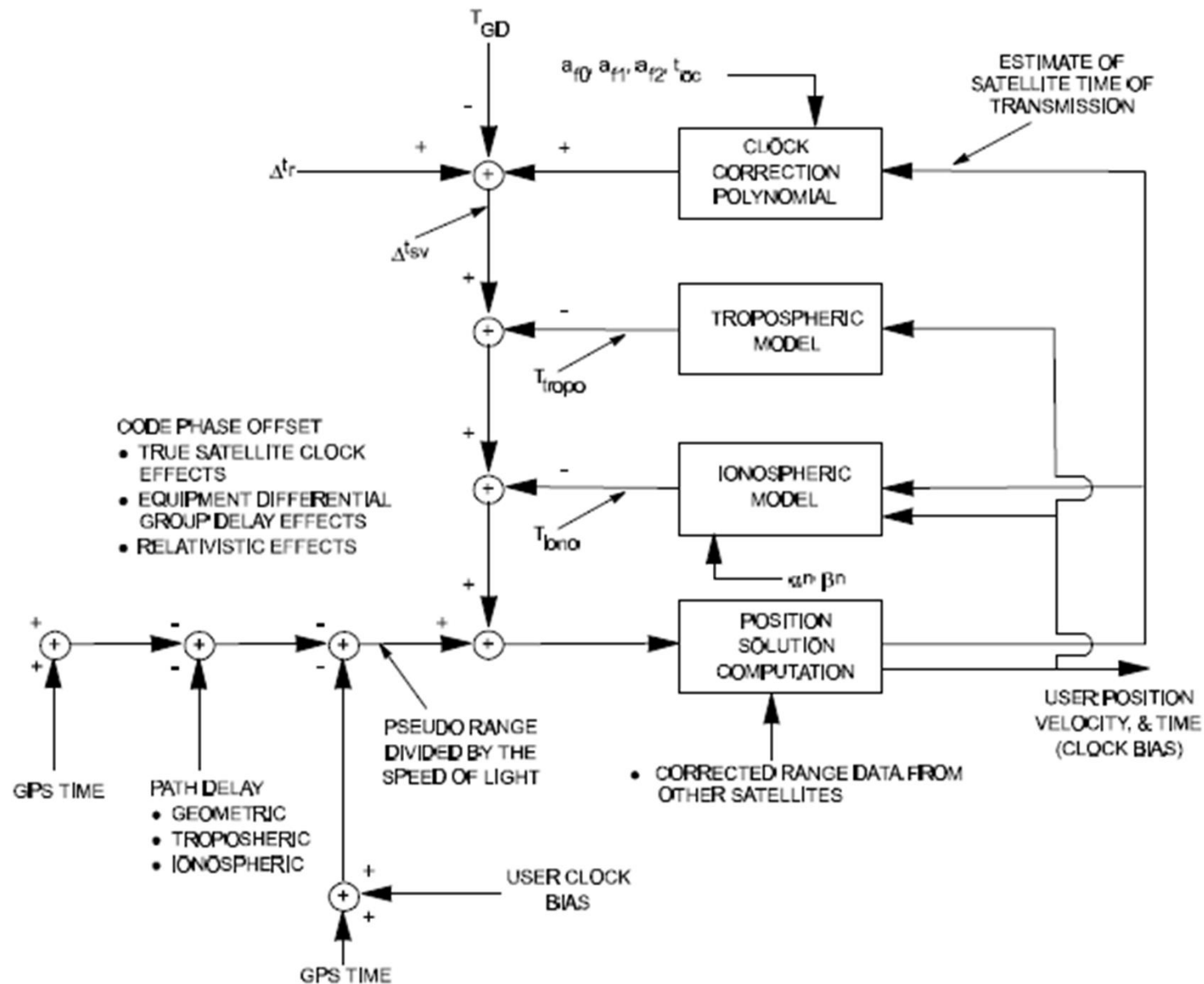
Corrected inclination

Positions in orbital plane

Corrected longitude of ascending node

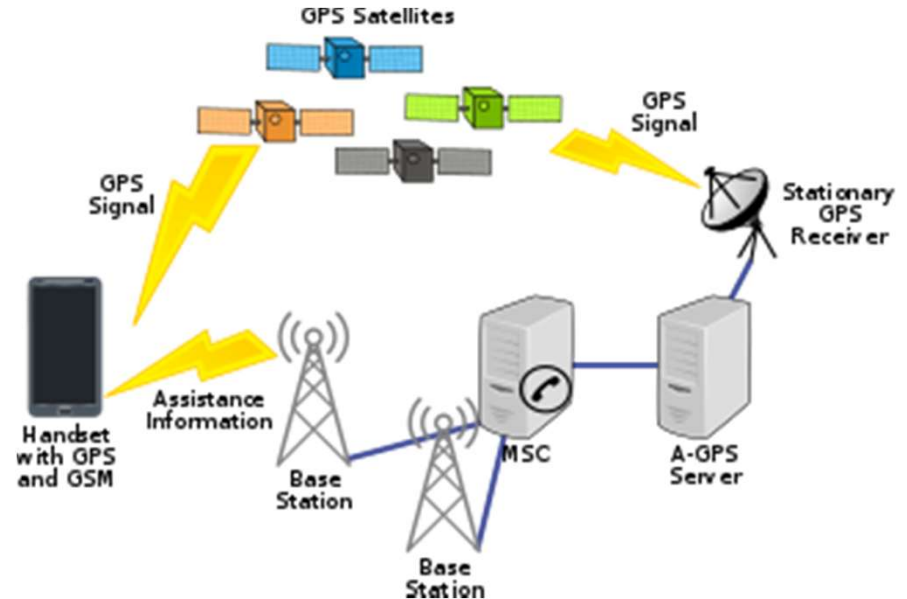
Earth-Centered, Earth-Fixed coordinates

Application of Correction Parameters



A-GPS

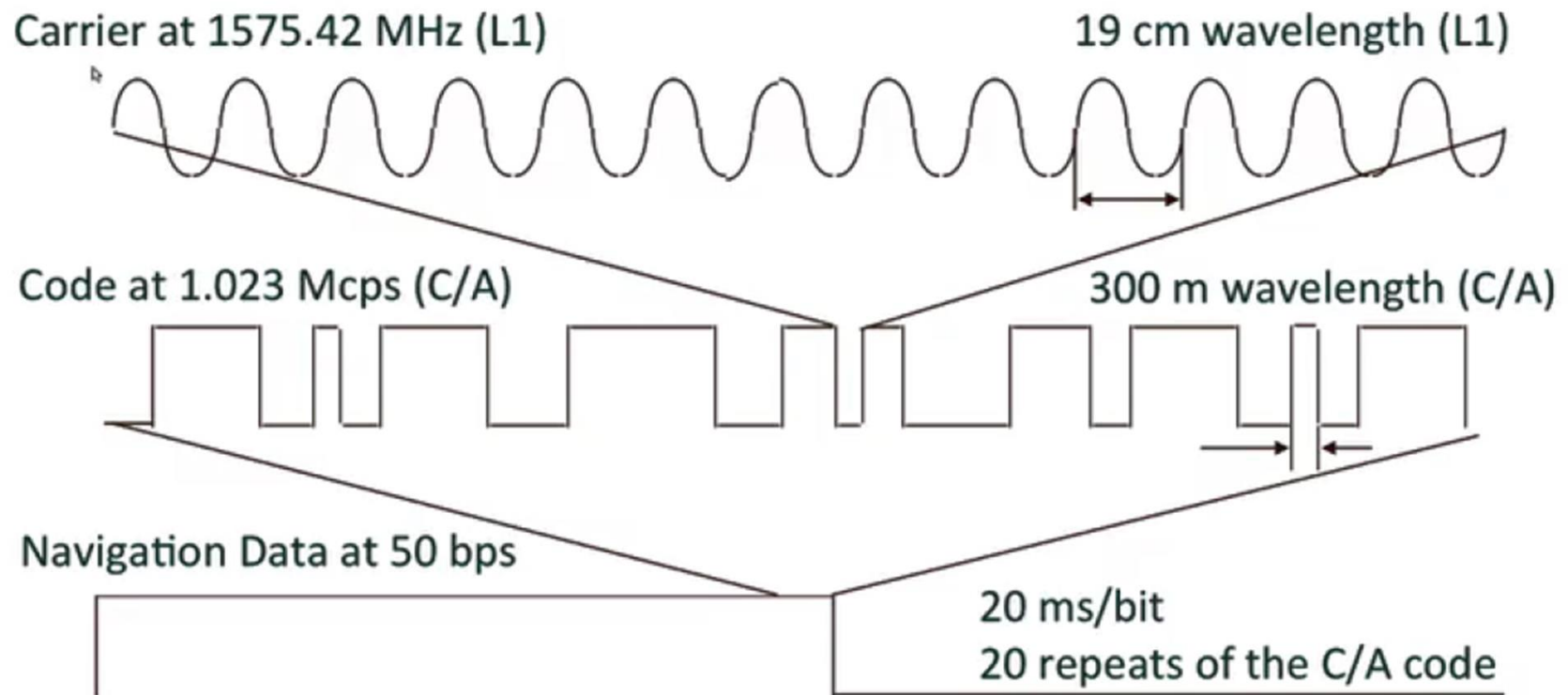
- Assisted GPS (A-GPS) za značajno ubrzanje početnih performansi
- time-to-first-fix (TTFF) sistem za pozicioniranje zasnovan na GPS satelitima
- A-GPS se u velikoj meri koristi u mobilnim telefonima koji koriste GPS, pošto je njegov razvoj ubrzan zahtevom U.S. FCC's 911 da se podaci o lokaciji mobilnog telefona daju dostupnim dispečerima hitnih poziva



Navigacioni uređaji koji su bazirani samo na GPS, nekada potrebno i 12 minuta da reši problem

Navigacioni signali i poruke

GPS Signals in the Time Domain



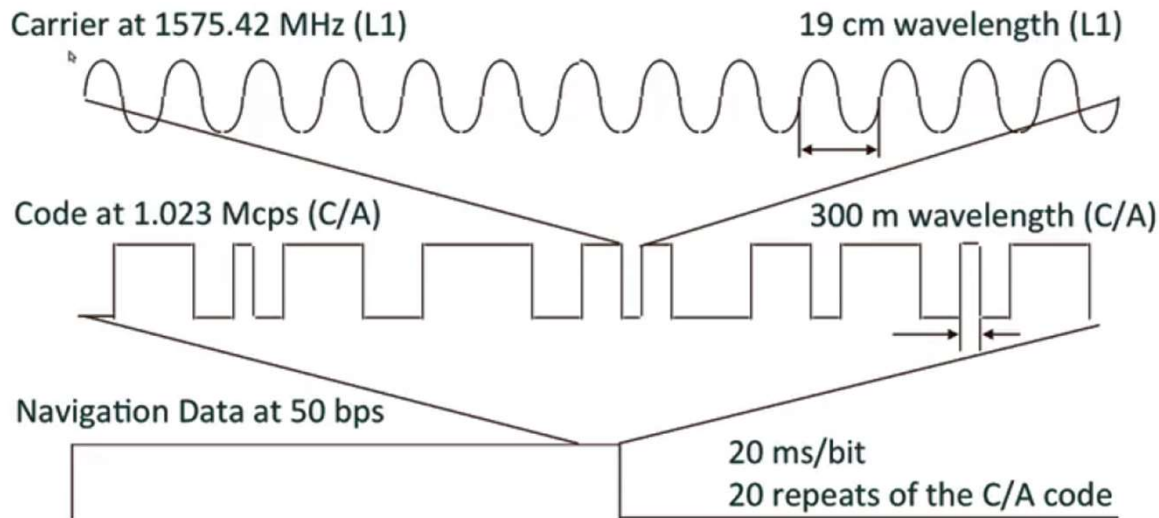
Navigacioni signali i podaci u vremenskom domenu

- Signali su prikazani proporcionalno da bi se uporedilo njihovo trajanje i periode različitih delova
- Najmanju brzinu (najveću periodu) imaju podaci (poruka) od 50 bps, odnosno trajanje od 20 ms/bit
- Nešto manju periodu (na slici izraženo pomoću talasne dužine od 300 m) imaju pseudo slučajni kodovi (Pseudo Random Number, PRN) koji imaju brzinu od 1.023 Mcps (mega čipova u sekundi)
- Kod jednog satelita je jedinstven među satelitima
- Kodovi satelita su unapred poznati prijemniku i on ima mogućnost pravljenja njihovih replika što ima posebnu ulogu u proceni vremena putovanja signala od satelita do prijemnika

Navigacioni signali i podaci u vremenskom domenu

- Prvi signal na slici ima najmanju periodu, na slici prikazanu pomoću talasne dužine od 19 cm
- Ovaj signal predstavlja nosilac radiofrekvencijskog prenosa
- Osnovna frekvencija koja se koristi u GPS sistemu je L1 frekvencija čija je vrednost 1575.42 MHz

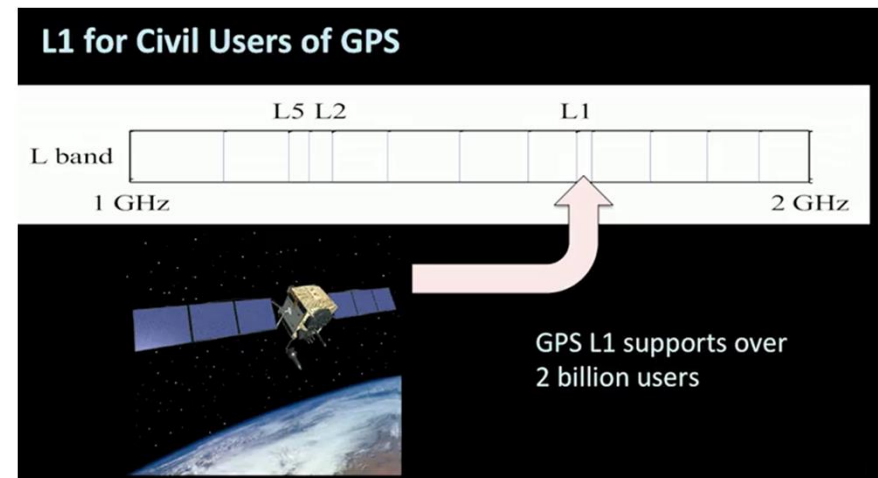
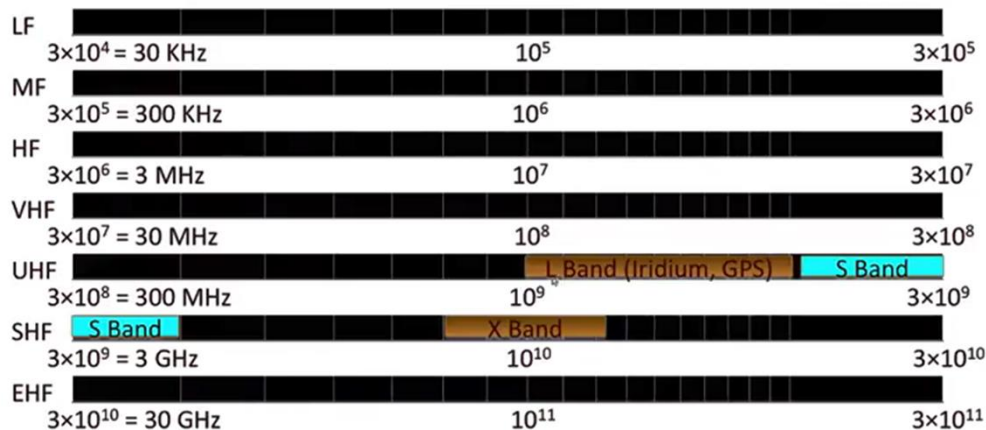
GPS Signals in the Time Domain



Navigacioni signali i podaci u vremenskom domenu

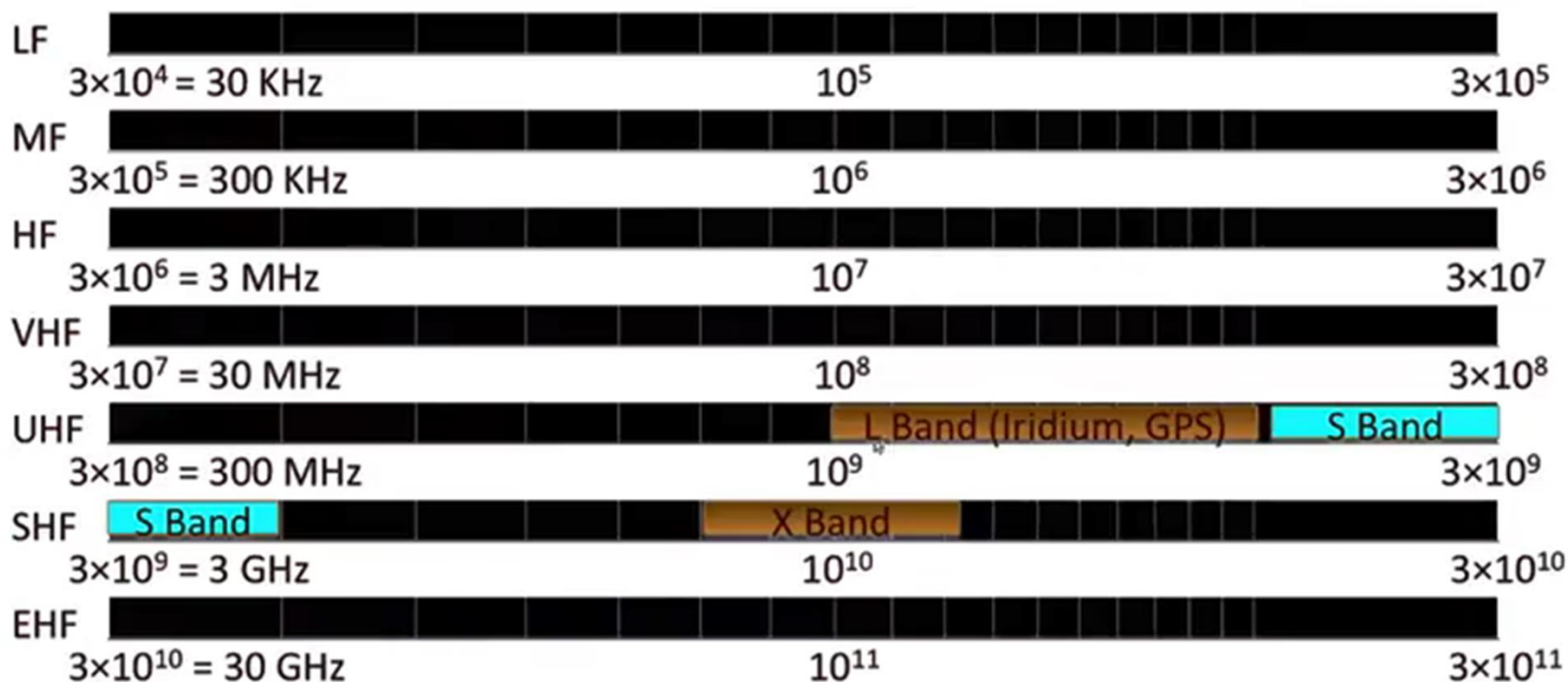
- Frekvencijski opsezi za GNSS sisteme označeni su na sledećim slikama, sa L, S i X opseg i obuhvataju frekvencije od 1 GHz do 10 GHz
- Ovaj opseg frekvencija je izabran za GNSS sisteme jer je atmosfera transparentna i najpogodnija za prenos
- GPS sistem koristi 3 frekvencije za prenos, L1 (1575.42 MHz), L2 (1.2276 GHz) i L5 frekvencije; L opseg je bliže ilustrovan

Frequency Spectrum ($f = c/\lambda$)

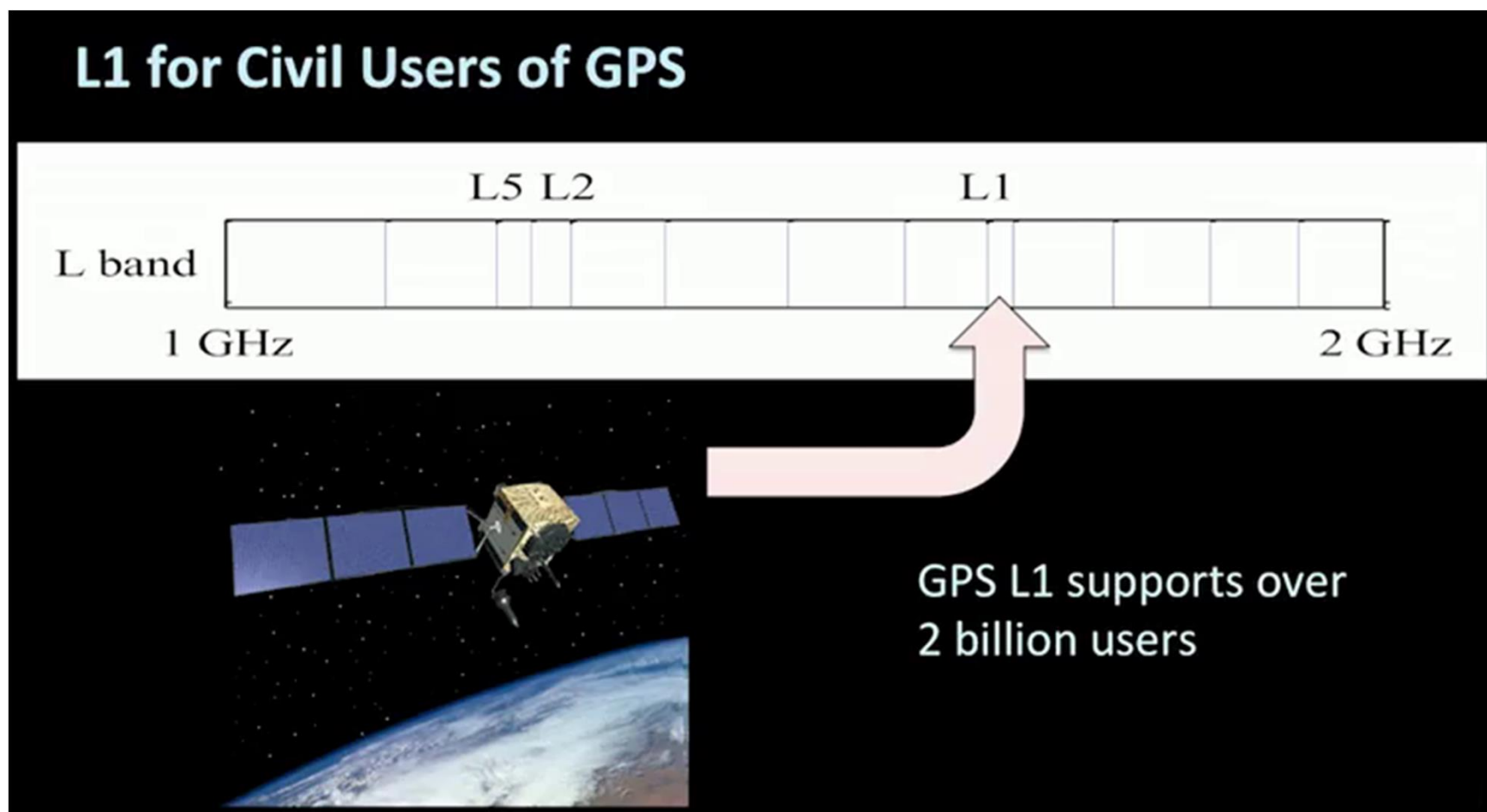


Frekvencijski opsezi GNSS sistema

Frequency Spectrum ($f = c/\lambda$)



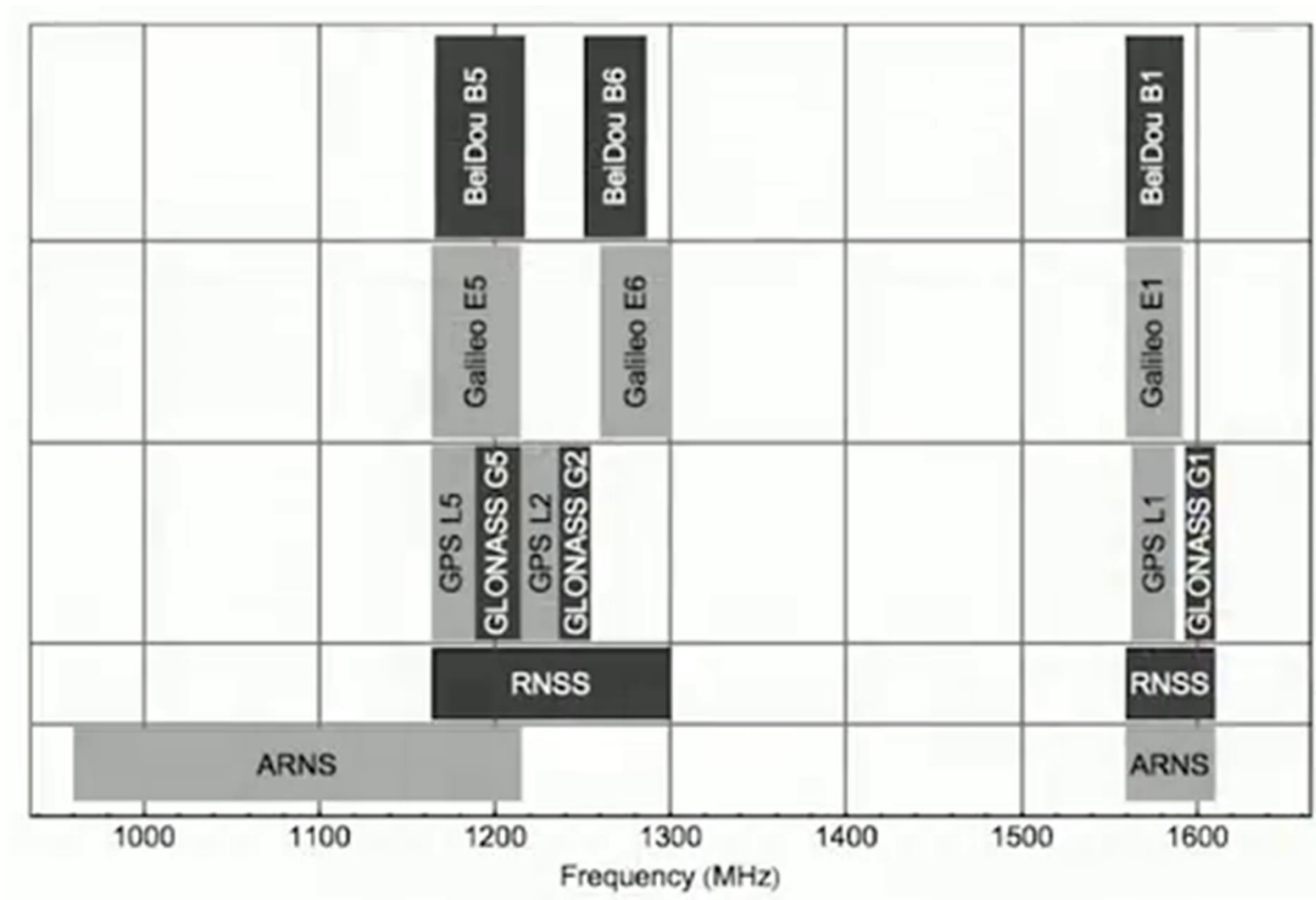
Frekvencijski opsezi GPS sistema



Navigacioni signali i podaci u vremenskom domenu

- Detaljniji prikaz frekvenija po GNSS sistemima dat je na sledećoj slici
- Vidi se da poput GPS i drugi sistemi koriste po 3 frekvencije, koje imaju male razlike u širini i vrednosti u odnosu na GPS frekvencije
- Ovi frekvencijski opsezi su označeni jednim imenom kao RNSS (Radio Navigation Satellite Service), a glavni autoritet koji kontroliše ko emituje na ovim frekencijama je avijacija (Aeronautical Radio Navigation Services, ARNS)

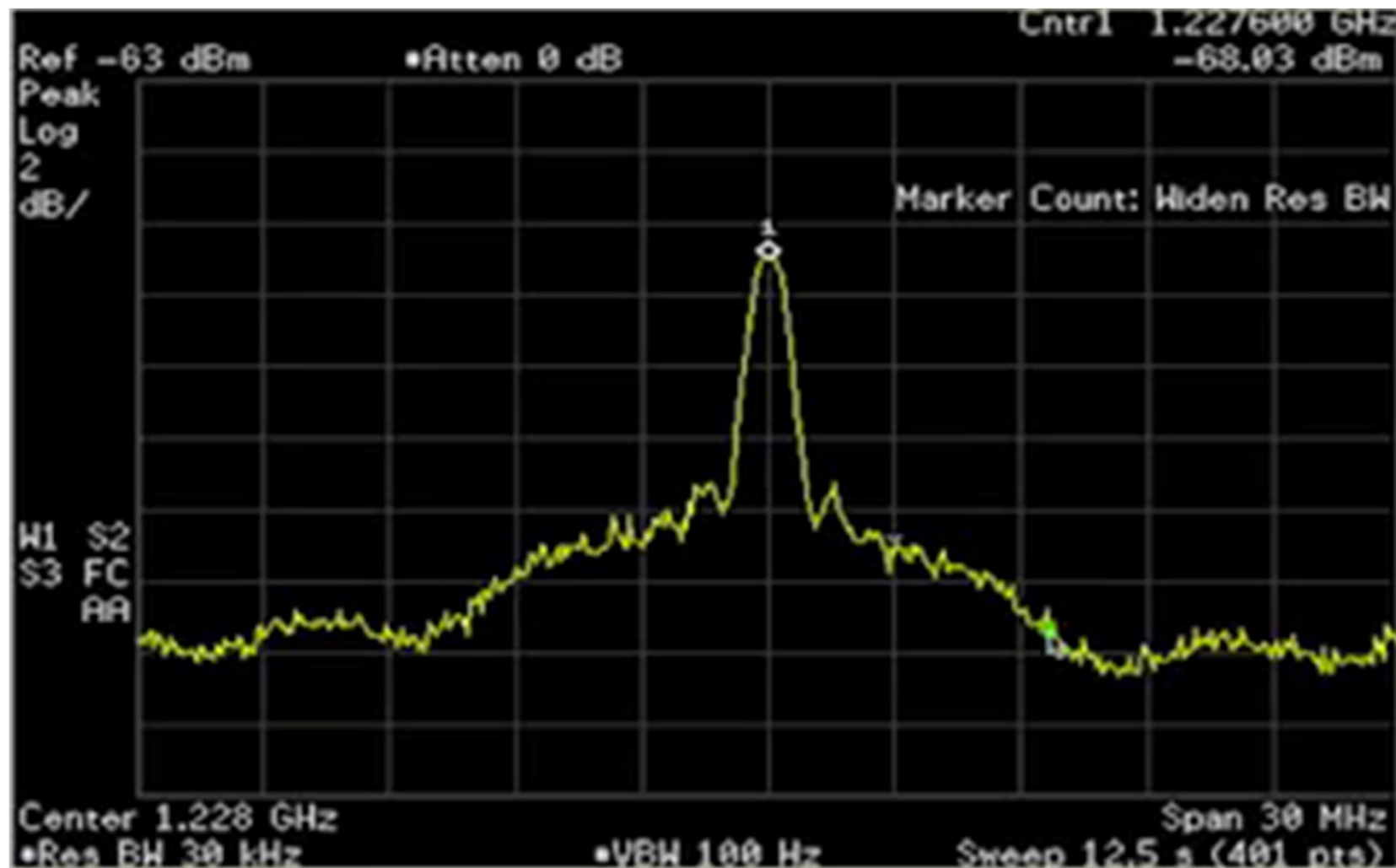
Frekvencijski opsezi GNSS sistema



Navigacioni signali i podaci u vremenskom domenu

- Spektar dobijen na spektralnom analizatoru za L2 frekvenciju nosioca GPS sistema dat je na sledećoj slici
- Glavni pik na slici odnosi se na civilnu upotrebu ove frekvencije, dok je za vojnu upotrebu ova frekvencija sa nižim nivoom i širim frekvencijskim opsegom, kao što se vidi na slici

Frekvencijski prikaz sa spektralnog analizatora za L2 GPS opseg

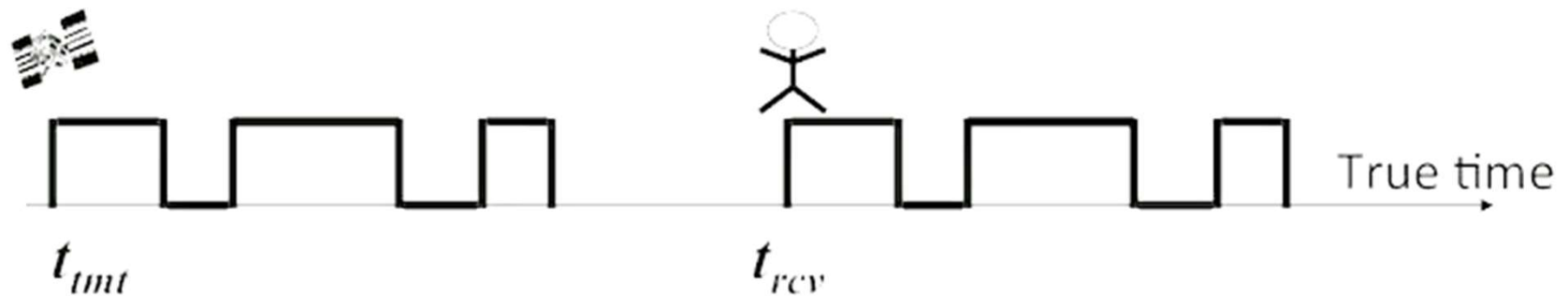


Pseudoranging

- Pseudoranging je merenje koje obavlja prijemnik GNSS sistema sa ciljem određivanja svoje lokacije i svog tačnog vremena
- Pretpostavimo da satelit šalje poruku GNSS prijemniku u trenutku t_{tmt} (vreme prenosa), a da na prijemnik ova poruka stiže u trenutku t_{rcv} (vreme prijema)
- Ako je d rastojanje od satelita do prijemnika, razlika ova dva vremena daje vreme putovanja signala

$$t_{rcv} - t_{tmt} = \frac{d}{c}$$

Vreme satelita i GNSS prijemnika



Pseudoranging

- Jednačina bi odgovarala vremenu putovanju navigacione poruke samo ako i prijemnik i predajnik (satelit) pokazuju tačno vreme

$$t_{rcv} - t_{tmt} = \frac{d}{c}$$

- Međutim, na prijemnoj strani se ne koriste visokopouzdana časovnici, pa će prijemnik imati malo odstupanje u pokazivanju vremena u odnosu na tačno vreme, offset vremena b_u
- Tačno vreme na prijemnoj strani dato je sa $t_u = t_{rcv} - b_u$

Pseudoranging

- Ako se $t_{rcv} = t_u - b_u$ vrati u jednačinu dobija se izraz:

$$t_{rcv} - t_{tmt} = \frac{d}{c}$$

$$\tau = t_u - t_{tmt} = \frac{d}{c} + b_u.$$

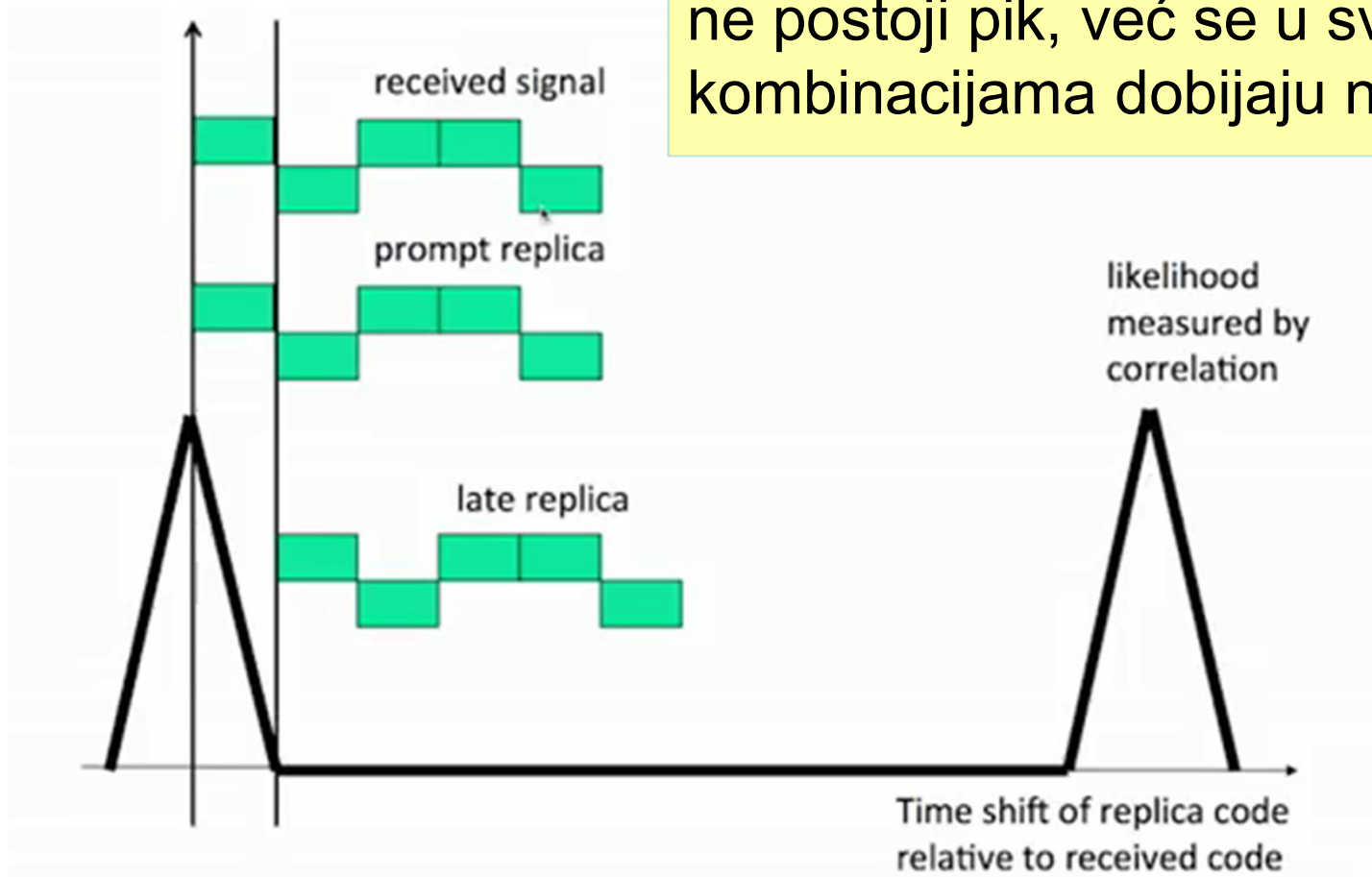
- Kako je vreme slanja poruke poznato pošto je zapisano u navigacionoj poruci i kako je vreme prijema poznato jer ga očitava prijemnik, prijemniku je ostalo da odredi rastojanje d i vremensko odstupanje b_u časovnika prijemnika u odnosu na tačno vreme

Pseudoranging

- Vremensko odstupanje b_u prijemnik određuje pomoću PRN kodova i njihove korelacije; satelit šalje na prijemnik jedinstveni PRN kod; PRN kodovi su poznati prijemniku i on može da kreira njihove replike
- Prijemnik pristupa operaciji korelacije između primljenog koda i kreiranih replika, koje su u odnosu na primljeni kod pomereni levo (prednjače) ili desno (kasne)
- Kada je tačno postavljena replika da odgovara primljenom kodu i kada se radi množenje pojedinačnih čipova i sabiranje ovih proizvoda dobija se najveća vrednost, dok za bilo koje odstupanje u levo ili desno ova vrednost se smanjuje
- Na ovaj način se dobija grafik korelacije koji ima oblik trougla, pri čemu vrh trougla odgovara tačnoj replici

Korelacije GNSS signala

PRN kodovi među različitim satelitima su izabrani tako da ako se radi korelacija između različitih kodova ne postoji pik, već se u svim kombinacijama dobijaju niske vrednosti

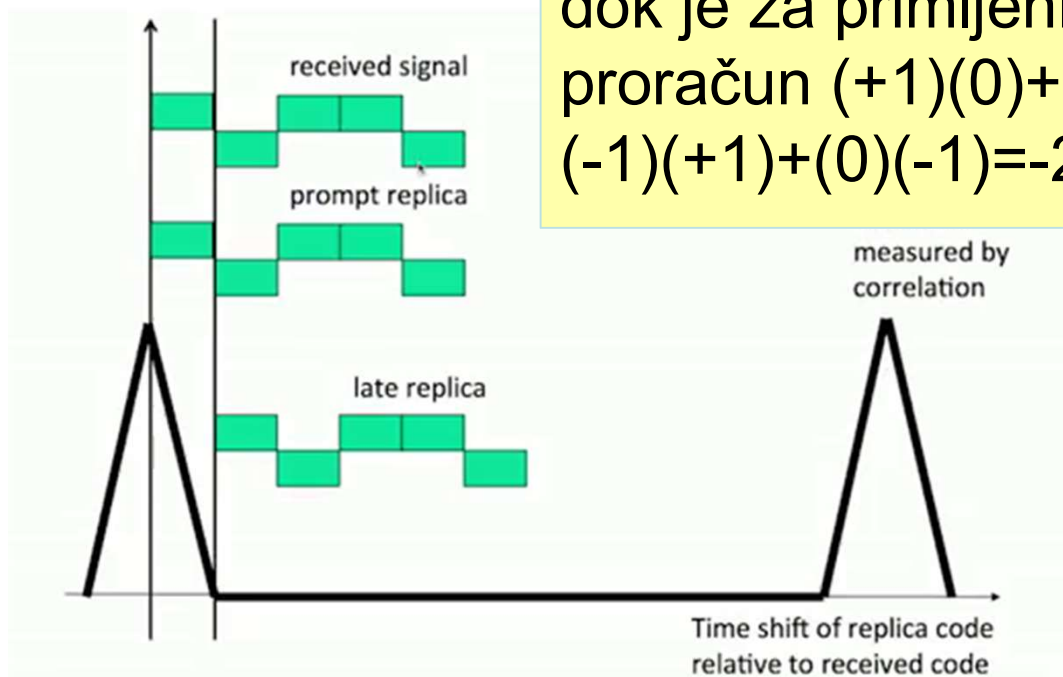


Primer proračuna korelacije

čipovi koda (zeleni blokovi na slici) su +1, -1, +1, +1 i -1

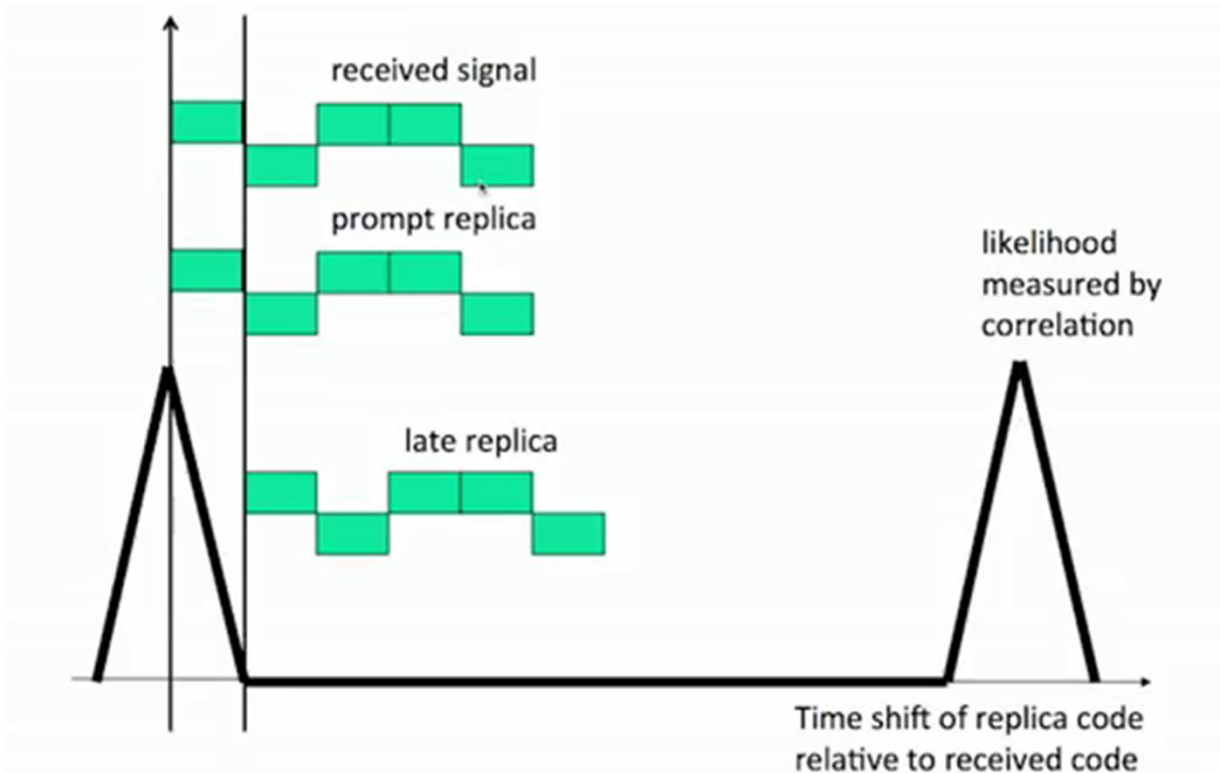
Tačna replika ima identičan redosled, dok zakašnjena replika ima isti redosled, ali na ovoj slici pomeren u desno za jedno mesto. Primljeni signal i tačna replika bi se računali kao $(+1)(+1)+(-1)(-1)+(+1)(+1)+(+1)(+1)+(-1)(-1)=+5$

dok je za primljeni signal i repliku koja kasni proračun $(+1)(0)+(-1)(+1)+(+1)(-)+(+1)(+1)+(-1)(+1)+(0)(-1)=-2$



Primer proračuna korelacije

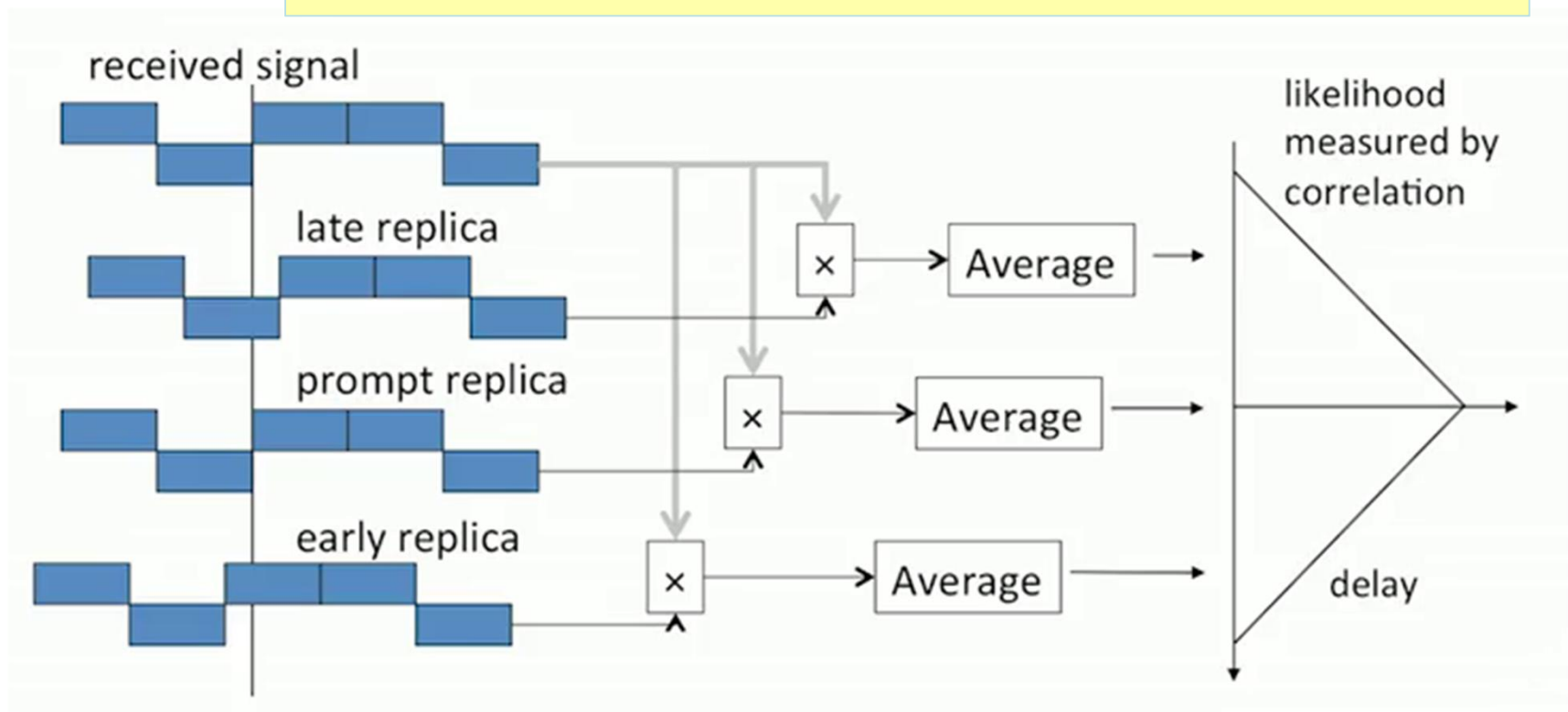
Dakle, najveća vrednost se dobija za poklapanje, dok pomeranja u levo ili desno dovode do značajnog smanjivanja vrednosti



Princip operacije PRN kodova prilikom korelacije GNSS signala

Za određivanje lokacije i vremena prijemnika potrebno je odrediti četiri parametra:

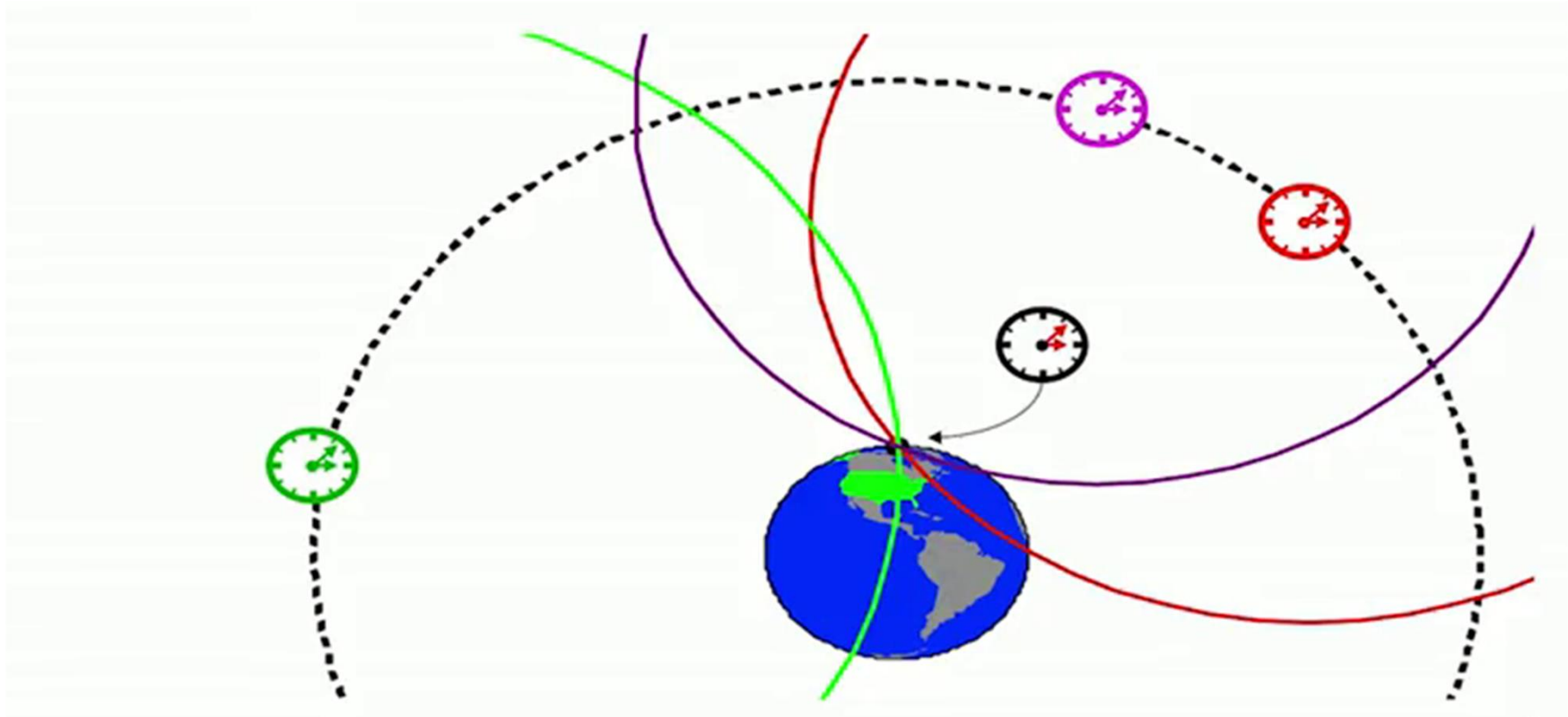
x_u , y_u , z_u za lokaciju i b_u za vreme



Određivanje lokacije GNSS prijemnika

- Vremenisko odstupanje se određuje pomoću PRN kodova, dok je za lokaciju potrebno odrediti rastojanje d koje je sada ostalo jedina nepoznata u jednačini
- Kako lokaciju korisnika karakterišu tri parametra (geografska širina, geografska dužina i elevacija) potrebna su tri ovakva rastojanja, odnosno tri satelita
- Svako rastojanje od satelita bi dalo jednu sferu sa izračunatim poluprečnikom u čijem preseku bi se nalazio prijemnik
- Kako je pored lokacije potrebno odrediti i četvrtu nepoznatu b_u za potpuno određivanje paramtera prijemnika potrebno je najmanje 4 satelita koje vidi prijemnik
- Radi što bolje geometrijske raspodele satelita, često se očekuje da u praksi ovaj broj bude 7-8 satelita

Određivanje lokacije GNSS prijemnika u preseku sfera satelita



Određivanje lokacije GNSS prijemnika

- Sada se mogu napisati navigacione jednačine za najmanje $k = 1, 2, 3, 4$ satelita u obliku:

$$\tau^{(k)} = \frac{d^{(k)}}{c} + b_u + \epsilon^{(k)}$$

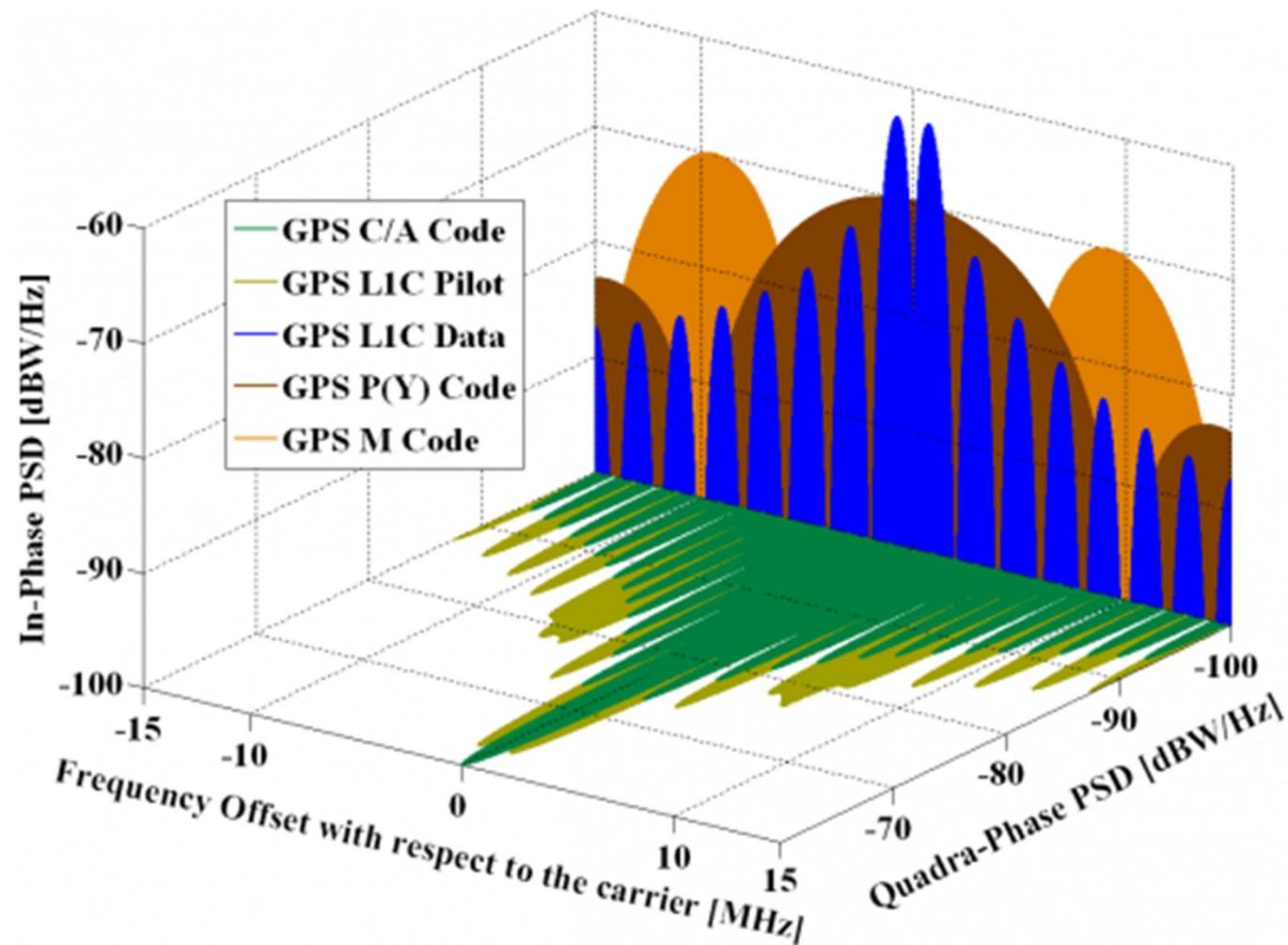
gde je $d^{(k)}$ rastojanje između k -tog satelita i prijemnika, a $\epsilon^{(k)}$ eventulana odstupanja parametara satelita i uticaj atmosfere; Lokacija (ephemeris) k -tog satelita data je koordinatama $x^{(k)}, y^{(k)}, z^{(k)}$

$$d^{(k)} = \sqrt{(x_u - x^{(k)})^2 + (y_u - y^{(k)})^2 + (z_u - z^{(k)})^2},$$

deciBell

- Jedinica dB (deciBell) predstavlja 10 puta logaritamski odnos snaga, $10 \log(P/P_0)$
- Ova jedinica je uvedena da bi omogućila jednostavniji prikaz velikog raspona vrednosti
- Primeri izračunavanja.
 1. $P = 27W, P_0 = 1W, P[dB] = 10 \log(27W/1W) = 14,3dB$
 2. Koliko je dB, $(P/P_0) = 2, 10 \log(2) = 3dB$
 3. Koliko je dB=?, $(P/P_0) = 1/2, 10 \log(1/2) = -10 \log(2) = -3dB$
 4. dBm=? $P = 27W, P_0 = 1mW,$
 $P[dBm] = 10 \log(27W/1mW),$
 $P[dBm] = 10 \log(27 \cdot 1000) = 10 \log(27) + 10 \log(1000) =$
 $= (14,3 + 30)dBm = 44,3 dBm.$

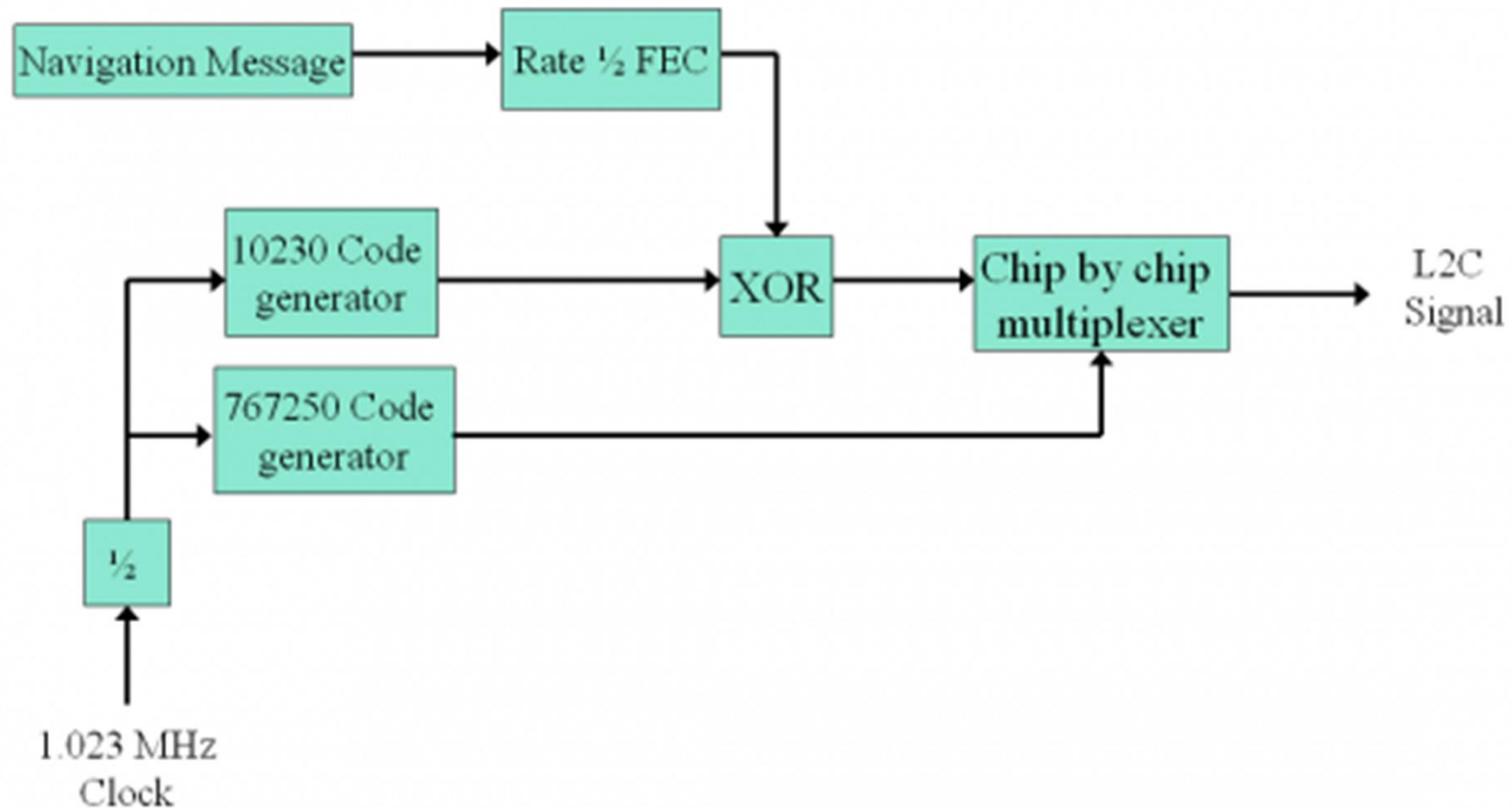
Spectra of GPS Signals in L1.



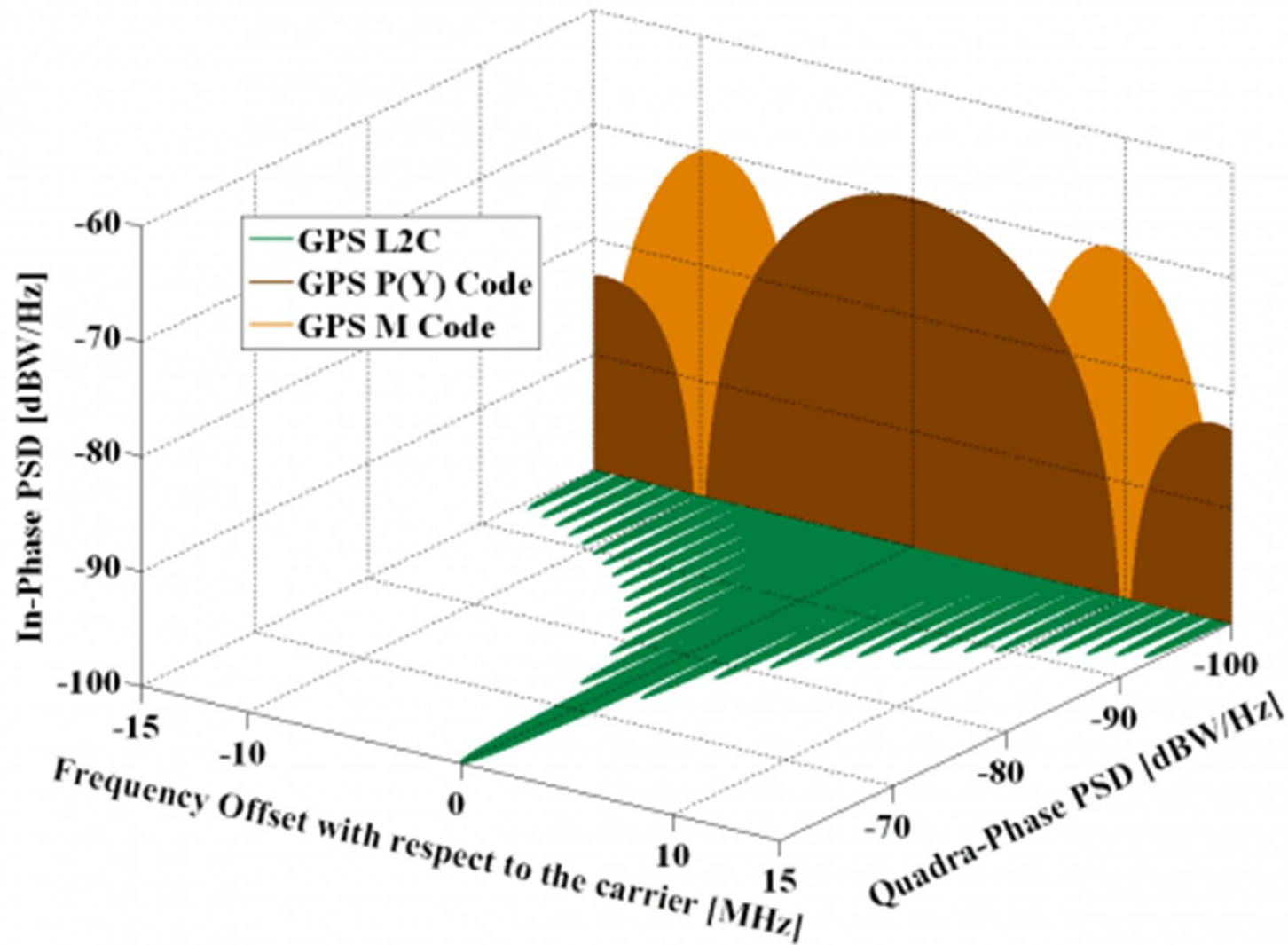
GNSS System	GPS	GPS		GPS	GPS
Service Name	C/A	L1C		P(Y) Code	M-Code
Centre Frequency	1575.42 MHz	1575.42 MHz		1575.42 MHz	1575.42 MHz
Frequency Band	L1	L1		L1	L1
Access Technique	CDMA	CDMA		CDMA	CDMA
Signal Component	Data	Data	Pilot	Data	N.A.
Modulation	BPSK(1)	TMBOC(6,1,1/11)		BPSK(10)	BOC _{sin} (10,5)
Sub-carrier frequency [MHz]	-	1.023	1.023 & 6.138	-	10.23
Code frequency	1.023 MHz	1.023 MHz		10.23 MHz	5.115 MHz
Primary PRN Code length	1023	10230		$6.19 \cdot 10^{12}$	N.A.
Code Family	Gold Codes	Weil Codes		Combination and short-cycling of M-sequences	N.A.
Secondary PRN Code length	-	-	1800	-	N.A.
Data rate	50 bps / 50 sps	50 bps / 100 sps	-	50 bps / 50 sps	N.A.
Minimum Received Power [dBW]	-158.5	-157		-161.5	N.A.
Elevation	5°	5°		5°	5°

GPS L1
signal
technical
characteris
tics.

Modulation scheme for the GPS L2 Signals



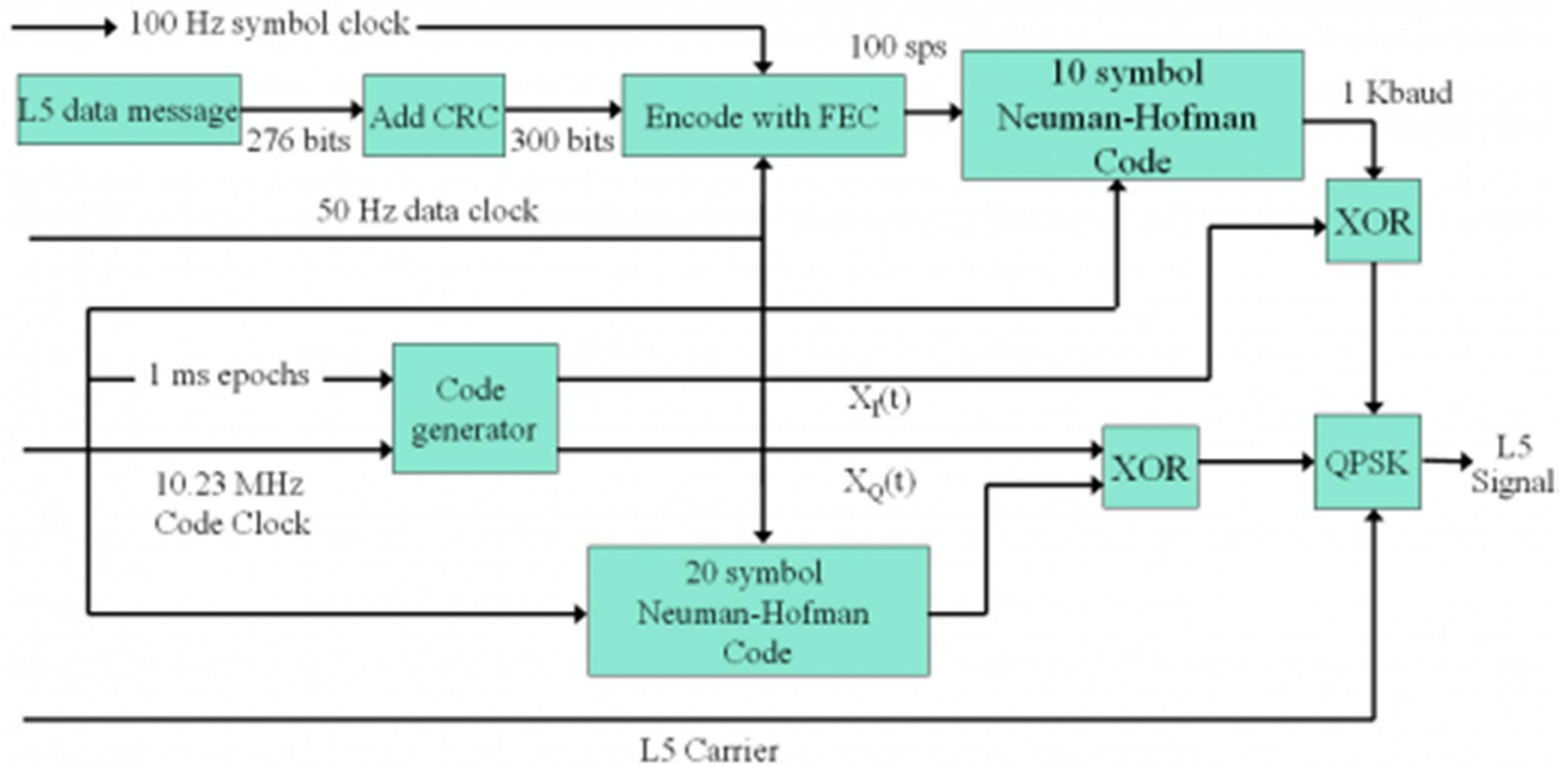
Spectra of the GPS Signals in L2



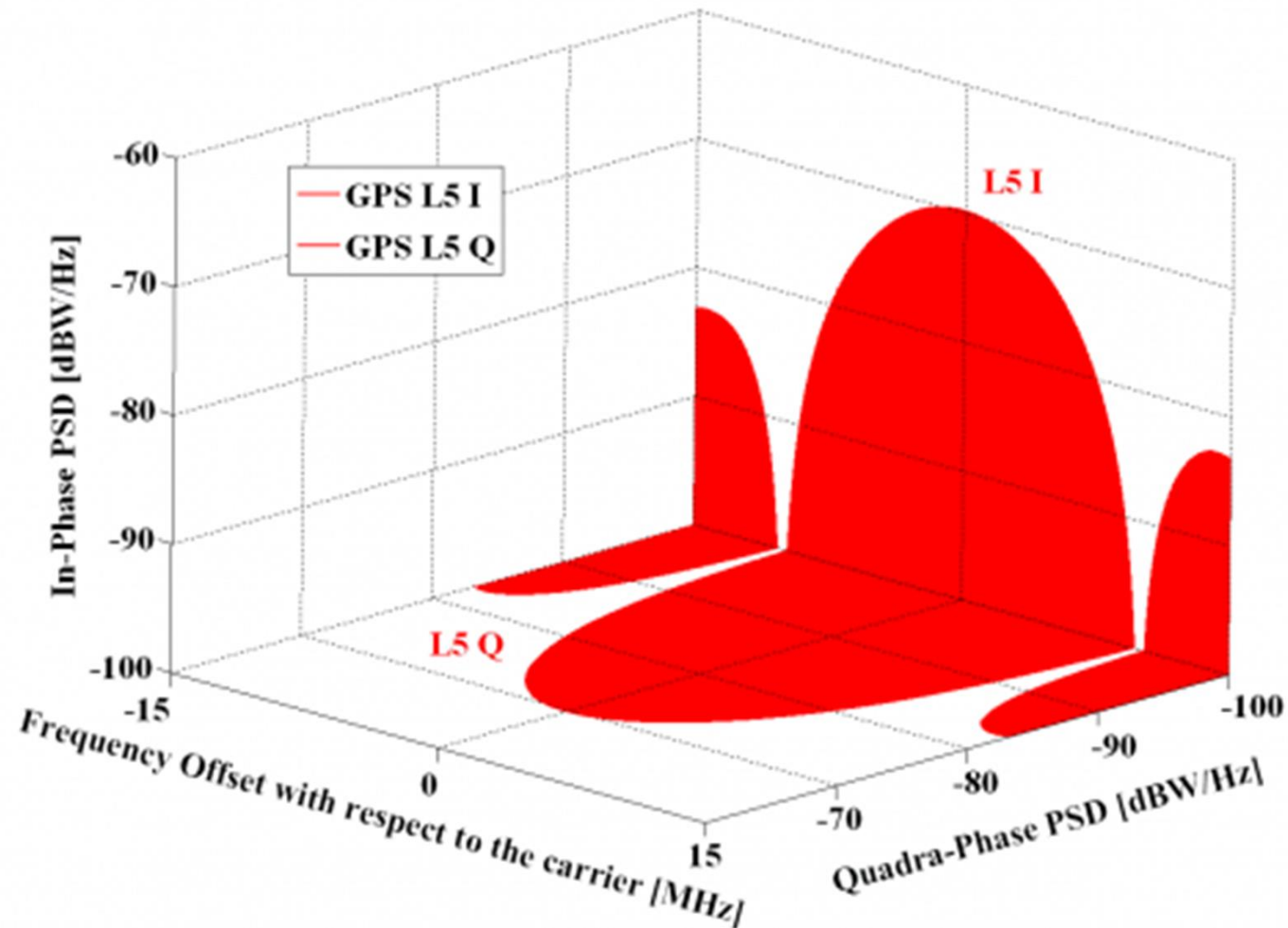
GNSS System	GPS	GPS	GPS	GPS
Service Name	L2 CM	L2 CL	P(Y) Code	M-Code
Centre Frequency	1227.60 MHz	1227.60 MHz	1227.60 MHz	1227.60 MHz
Frequency Band	L2	L2	L2	L2
Access Technique	CDMA	CDMA	CDMA	CDMA
Spreading modulation	BPSK(1) result of multiplexing 2 streams at 511.5 kHz		BPSK(10)	<u>BOCsin(10,5)</u>
Sub-carrier frequency	-	-	-	10.23 MHz
Code frequency	511.5 kHz	511.5 kHz	10.23 MHz	5.115 MHz
Signal Component	Data	Pilot	Data	N.A.
Primary PRN Code length	10,230 (20 ms)	767,250 (1.5 seconds)	6.19 x 10 ¹²	N.A.
Code Family	M-sequence from a maximal polynomial of degree 27		Combination and short-cycling of M-sequences	N.A.
Secondary PRN Code length	-	-	-	N.A.
Data rate	IIF 50 bps / 50 <u>sps</u> IIR-M Also 25 bps 50 <u>sps</u> with FEC	-	50 bps / 50 <u>sps</u>	N.A.
Minimum Received Power [dBW]	II/IIA/IIR -164.5 <u>dBW</u> IIR-M -161.5 <u>dBW</u> IIF -161.5 <u>dBW</u>		II/IIA/IIR -164.5 <u>dBW</u> IIR-M -161.4 <u>dBW</u> IIF -160.0 <u>dBW</u>	N.A.
Elevation	5°		5°	5°

GPS L2 signal technical characteristics

Modulation scheme for the GPS L5 Signals



Spectra of the GPS Signals in L5



GPS L5 signal technical characteristics

GNSS System	GPS	GPS
Service Name	L5 I	L5 Q
Centre Frequency	1176.45 MHz	1176.45 MHz
Frequency Band	L5	L5
Access Technique	CDMA	CDMA
Spreading modulation	BPSK(10)	BPSK(10)
Sub-carrier frequency	-	-
Code frequency	10.23 MHz	10.23 MHz
Signal Component	Data	Pilot
Primary PRN Code length	10230	10230
Code Family	Combination and short-cycling of M-sequences	
Secondary PRN Code length	10	20
Data rate	50 bps / 100 <u>sps</u>	-
Minimum Received Power [<u>dBW</u>]	-157.9 <u>dBW</u>	-157.9 <u>dBW</u>
Elevation	5°	5°

skraćenice

BIH	BUREAU INTERNATIONAL
bps	bits per second
BPSK	Bipolar-Phase Shift Key
C/A	Coarse/Acquisition
CS	Control Segment
dBi	Decibels, isotropic
dBw	Decibels, watt
DN	Day Number
DOD	Department of Defense
DOP	Dilution of Precision
ECEF	Earth-Centered, Earth-Fixed
FOC	Full Operational Capability
GPS	Global Positioning System
HOW	Hand-Over Word
ID	Identification
IODC	Issue of Data, Clock
IODE	Issue of Data, Ephemeris
LSB	Least Significant Bit
LSF	Leap Seconds Future

Mbps	Million bits per second
MCS	Master Control Station
MSB	Most Significant Bit
NSC	Non-Standard C/A-Code
NTE	Not-To-Exceed
OCS	Operational Control System
PRN	Pseudo Random Noise
RF	Radio Frequency
RHCP	Right Hand Circularly Polarized
RMS	Root Mean Square
SA	Selective Availability
SS	Space Segment
TLM	Telemetry
TOW	Time of Week
TT&C	Telemetry, Tracking and Commanding

UE	User Equipment
URA	User Range Accuracy
URE	User Range Error
U.S.	United States
USNO	U.S. Naval Observatory
UTC	Universal Coordinated Time
WGS-84	World Geodetic System 1984
WN	Week Number

Profesor dr Miroslav Lutovac

mlutovac@viser.edu.rs

Ova prezentacija je nekomercijalna.

Slajdovi mogu da sadrže materijale preuzete sa Interneta, stručne i naučne građe, koji su zaštićeni Zakonom o autorskim i srodnim pravima.

Ova prezentacija se može koristiti samo privremeno tokom usmenog izlaganja nastavnika u cilju informisanja i upućivanja studenata na dalji stručni, istraživački i naučni rad i u druge svrhe se ne sme koristiti –

Član 44 - Dozvoljeno je bez dozvole autora i bez plaćanja autorske naknade za nekomercijalne svrhe nastave:

(1) javno izvođenje ili predstavljanje objavljenih dela u obliku neposrednog poučavanja na nastavi;

- ZAKON O AUTORSKOM I SRODNIM PRAVIMA

("Sl. glasnik RS", br. 104/2009 i 99/2011)