



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

# SATELLITE BROADCASTING AND POSITIONING

### VINCENZO LOTTICI

|                 |                                       |
|-----------------|---------------------------------------|
| Anno accademico | 2023/24                               |
| CdS             | INGEGNERIA DELLE<br>TELECOMUNICAZIONI |
| Codice          | 904II                                 |
| CFU             | 6                                     |

|  |            |         |     |                                       |
|--|------------|---------|-----|---------------------------------------|
| Moduli                                       | Settore/i  | Tipo    | Ore | Docente/i                             |
| SATELLITE<br>BROADCASTING AND<br>POSITIONING | ING-INF/03 | LEZIONI | 60  | FILIPPO GIANNETTI<br>VINCENZO LOTTICI |

#### Obiettivi di apprendimento

##### *Conoscenze*

Gli studenti alla conclusione del corso avranno acquisito una solida conoscenza sia dell'architettura di alcuni sistemi satellitari di nuova generazione che degli strumenti necessari per la valutazione delle loro prestazioni.

In particolare, gli studenti avranno appreso:

- la capacità di valutare il trade-off tra efficienza spettrale ed efficienza energetica, la sensibilità di un ricevitore e la probabilità di fuori servizio (outage);
- l'evoluzione storica dei satelliti, delle tecnologie utilizzate e delle rispettive applicazioni;
- le caratteristiche di un collegamento satellitare (frequenze allocate, propagazione, latenza, banda disponibile, livello di segnale ricevuto, parametri orbitali), la struttura di un transponder satellitare e del sistema di telemetria, tracking e controllo (TT&C), le tecniche di assegnamento (FAMA, DAMA) e condivisione delle risorse (TDMA, CDMA, SDMA), con applicazione, come esempio, ai satelliti di nuova generazione (HotBird, Inmarsat 4 e 5, Intelsat 18, Iridium NEXT, Globalstar);
- conoscenza dell'architettura dello standard Digital Video Broadcasting – Satellite Second Generation (DVB-S2), delle configurazioni del sistema e relative applicazioni, dell'efficienza spettrale disponibile, e dell'evoluzione tecnologica dal DVB-S;
- le scelte progettuali effettuate per la struttura di un sistema di ricezione DVB-S2;
- le tecniche per il dimensionamento dei parametri di un collegamento DVB-S2 mediante link budget e per la valutazione delle prestazioni del sistema, con particolare riferimento alla presenza di attenuazione per pioggia;
- conoscenza dell'architettura del sistema di posizionamento NAVigation Satellite Timing And Ranging Global Positioning System (NAVSTAR GPS);
- l'evoluzione dei satelliti GPS dal Block I al Block III;
- l'organizzazione dei segmenti Spazio, Controllo e Utente;
- gli algoritmi utilizzati per stimare la posizione utente e il Coordinated Universal Time (UTC);
- la struttura del segnale CDMA trasmesso da ogni satellite (frequenze di trasmissione, generazione dei codici di ranging PRN, generazione dei dati di navigazione NAV, densità spettrale di potenza e livello di potenza del segnale ricevuto);
- le sorgenti di errore e le prestazioni di accuratezza.

##### *Modalità di verifica delle conoscenze*

Le conoscenze acquisite saranno verificate durante la sessione di esame orale.

##### *Capacità*

Alla conclusione del corso, gli studenti sapranno:

- valutare i parametri di un collegamento satellitare e scegliere sia le tecniche di assegnamento e condivisione delle risorse che le specifiche del relativo transponder più adatte per una data applicazione;
- comprendere l'architettura degli standard relativi ai sistemi DVB-S e DVB-S2;
- definire numericamente i valori dei parametri di un collegamento satellitare DVB-S2 mediante link budget, valutare il relativo trade-off tra efficienza spettrale ed efficienza energetica, quantificare le prestazioni di errore sul pacchetto dati all'uscita del sistema;
- comprendere l'architettura del sistema di posizionamento satellitare GPS, segmenti Spazio, Controllo e Utente;
- definire la struttura del segnale trasmesso da ogni satellite della costellazione GPS;
- definire gli algoritmi per la stima della posizione e del timing UTC, le principali sorgenti di errore e le prestazioni di accuratezza.

##### *Modalità di verifica delle capacità*



## UNIVERSITÀ DI PISA

Durante le esercitazioni verranno svolti piccoli progetti utilizzando il programma Excel o il linguaggio Matlab, con lo scopo di analizzare numericamente i collegamenti satellitari introdotti nello svolgimento del corso.

### Comportamenti

Gli studenti potranno

- acquisire o incrementare consapevolezza riguardo le scelte progettuali imposte da vincoli sia tecnologici che ambientali;
- essere in grado di collaborare attivamente nelle discussioni tecniche durante lo svolgimento degli esercizi/progetti proposti.

### Modalità di verifica dei comportamenti

Durante le esercitazioni verranno verificate e valutate

- l'accuratezza e la precisione delle attività svolte;
- le modalità di elaborazione delle soluzioni adottate.

### Prerequisiti (conoscenze iniziali)

- Teoria dei segnali, teoria dei sistemi e analisi spettrale
- Fondamenti di Telecomunicazioni
- Antenne e propagazione

### Indicazioni metodologiche

- Modalità di svolgimento delle lezioni: lezioni in presenza con supporti come Powerpoint, video.
- Modalità di svolgimento degli esercizi: mediante il personal computer degli studenti.
- Supporto alle lezioni: siti web.
- Utilizzo del sito di e-learning del corso per il download del materiale didattico e per le comunicazioni tra docente e studenti.
- Tipo di interazione tra il docente e gli studenti: riunioni fisiche, Teams, Skype, e-mail, telefono.
- Lingua italiana.

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

#### Parte I - Introduzione ai sistemi di comunicazione satellitari

Allocazione dei principali servizi satellitari nelle bande L, S, C, Ku, Ka

Evoluzione delle trasmissioni satellitari: da Intelsat I a Inmarsat 6

Caratteristiche e geometria di un collegamento satellitare

Satelliti GEO, MEO, LEO, HEO

Segmenti Spazio, Controllo, Utente

Schema di un transponder satellitare non rigenerativo

Tecniche di assegnamento delle risorse e di accesso multiplo

Modulazioni BPSK, QPSK, 8PSK, 16APSK, 32APSK, e tecniche di codifica di canale

Metriche di prestazioni: Bit Error Rate (BER), Packet Error Rate (PER), QoS

#### Parte II - Sistemi di broadcasting satellitare DVB-S e DVB-S2

Architettura dello standard DVB-S2

Configurazioni, prestazioni ed applicazioni del sistema DVB-S2

Trade-off tra efficienza spettrale ed efficienza energetica

Schema di un ricevitore DVB-S2

#### Parte III - Stima delle prestazioni di un collegamento DVB-S2

Link budget per un collegamento DVB-S2 in condizioni "Clear Sky"

Link budget per un collegamento DVB-S2 in presenza di attenuazione per pioggia

Valutazione della sensibilità di un ricevitore DVB-S2 e della probabilità di fuori servizio

#### Parte IV - Sistema di posizionamento satellitare NAVSTAR GPS

Architettura del sistema e scelte progettuali

Segmento Spazio: costellazione, piani orbitali, payload di navigazione, esempio di un satellite IIR, IIF e III

Segmento Controllo: Master Control Station, Monitor Stations, Upload Stations

Segmento Utente: schema a blocchi di un ricevitore e tecnologie utilizzate

Applicazioni del sistema GPS

#### Parte V - Struttura del segnale trasmesso dai satelliti GPS

Allocazione delle frequenze di trasmissione: L1, L2, L2C, L5

Formato: Direct-Sequence Spread-Spectrum Code Division Multiple Access (DS-SS-CDMA) con modulazione BPSK

Codici di ranging: short code C/A, long code P(Y)



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

Messaggio di navigazione NAV

Densità spettrale di potenza e livello di potenza del segnale ricevuto per i segnali L1 e L2

### **Parte VI - Algoritmi per la stima della posizione utente e del timing UTC**

Stima della distanza del ricevitore GPS dai satelliti in LOS mediante "one-way ranging"

Differente instabilità dei clock atomici dei satelliti e del clock del ricevitore

Stima della posizione del ricevitore e timing UTC mediante trilaterazione

Sorgenti di errore e prestazioni di accuratezza

### Bibliografia e materiale didattico

- Materiale didattico fornito dal docente;
- G. Maral, M. Bousquet and Z. Sun, "Satellite Communications Systems", Wiley, 2020.

### Indicazioni per non frequentanti

Contattare il docente: [vincenzo.lottici@unipi.it](mailto:vincenzo.lottici@unipi.it)

### Modalità d'esame

- L'esame comprende una prova orale.
- La prova orale consiste in un colloquio tra il candidato e il docente.
- Durante la prova orale il candidato dovrà rispondere ad alcune domande sull'architettura, scelte progettuali effettuate e analisi delle prestazioni dei sistemi satellitari illustrati durante il corso.
- Durante la prova orale al candidato potrà essere richiesto la soluzione di esercizi relativi agli argomenti svolti.
- La durata media del colloquio è circa 30 minuti.
- Il numero dei professori della commissione è due.
- La prova orale fallirà in uno dei seguenti casi: 1) il candidato non mostra la capacità di esprimersi in modo chiaro utilizzando una terminologia corretta; 2) il candidato non risponde in modo sufficiente alle domande che riguardano i concetti di base dei sistemi satellitari illustrati nel corso; 3) il candidato non mostra la capacità di collegare parti del programma tra loro per rispondere ad una domanda in modo esatto.

### Altri riferimenti web

- E-learning/Moodle: <https://elearn.ing.unipi.it/course/index.php?categoryid=540>
- Teams: <https://teams.microsoft.com/l/channel/19%3aDPofUnzFBFnaiYD685UA5Ytk0ilef421niu5E9D44Ms1%40thread.tacv2/General?groupId=88f9307a-8424-4463-90b8-25c7f7d44fd0&tenantId=c7456b31-a220-47f5-be52-473828670aa1>
- Portale Valutami: <https://esami.unipi.it>

Ultimo aggiornamento 05/11/2023 23:19