UNIVERSITÀ DI PISA

DIGITAL COMMUNICATIONS

MARCO LUISE

Anno accademico	2022/23
CdS	INGEGNERIA DELLE TELECOMUNICAZIONI
Codice	1013I
CFU	12

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
INFORMATION THEORY	ING-INF/03	LEZIONI	60	MARCO LUISE
WIRELESS COMMUNICATIONS	ING-INF/03	LEZIONI	60	ANTONIO ALBERTO D'AMICO

Obiettivi di apprendimento

Conoscenze
The course deals in general with the different techniques for the transmission of information in digital form. The first module deals in particular with the fundamentals of Information Theory about source coding (lossless and lossy), noisy channel capacity, and error-protection coding, with applications to MIMO wireless communications and wireline xDSL communications. The second module is devoted to Wireless Communications, and gives a working knowledge of the main narrowband and wideband digital signalling and multiple-access techniques (including multicarrier and spread spectrum). This is also complemented by notions about the main impairments deriving from signal transmission over the physical media (mainly the wireless radio channel), together with the main detection and signal processing techniques that are used to counteract such phenomena.

Modalità di verifica delle conoscenze
Separate interviews for the two modules.

Capacità
The student who successfully completes the course will have the ability to understand the main communication standards for the delivery of digital information in the Future Internet. He/She will master digital signalling and formatting for wireless and wired communications in 4G and 5G cellular networks and in xDSL, and will have a fundamental knowledge about the issues of digital encoding of information and exploitation of communication resources like energy and bandwidth. She/He will also acquire the capability to understanbd the building blocks of a modem for wired or wireless digital links. In some cases, the student will also be able to perform a simple/baisc system design of a moded.

Modalità di verifica delle capacità
See above

Prerequisiti (conoscenze iniziali)
Basic knowledge of signals, systems, and fundamental of communication technologies.

Indicazioni metodologiche
Delivery: face to face/Online
Attendance: Not mandatory
Learning activities:

- attending lectures
- individual study
- Bibliography search

Teaching methods:

- Lectures

- Seminar
- laboratory

Programma (contenuti dell'insegnamento)

1. **Lossless Data Compression:** Sorgente di informazione digitale senza memoria e concetto di codifica di sorgente – Entropia di Shannon – Codici LF-LV e disuguaglianza di Kraft – Codici di Huffman, di Shannon Fano, Arithmetic Coding – Teorema della compressione dati – Compressione di sorgenti di informazione con memoria – Algoritmo LZW (1 cfu)
2. **Reliable Transmission of Information I**: Data corruption: rumore di trasmissione o di registrazione/lettura - Modello probabilistico del data corruption (canale rumoroso) con esempi – Informazione mutua e capacità di Shannon del canale (0.5 cfu)
3. **Data Protection:** Concetto di Codifica di Canale – Codici a ripetizione – Codici a blocco algebrici – Codici Convoluzionali con decodifica di Viterbi – Codici a decodifica iterativa: Turbo codici e Low-Density Parity Check (LDPC) – Codici Polari – Codici Link-Layer: Fountain Codes, Raptor Codes (2.5 cfu)
4. **Reliable Transmission of Information II:** – Teorema della codifica di canale – Sorgenti continue di informazione ed entropia differenziale – Canale Gaussiano a tempo discreto e tempo continuo – piano delle efficienze (0.5 cfu)
5. **Lossy Data Compression:** Misura della distorsione e tasso di compressione – Cenno agli algoritmi percettivi di compressione con perdita e curva tasso/distorsione (0.5 cfu)
6. **MIMO Information Theory:** Modello di canale MIMO – Spatial multiplexing and diversity reception – Capacità di Shannon del canale MIMO con e senza conoscenza del canale da parte del trasmettitore – Criterio di Water Filling (1 cfu)

Modulo di WIRELESS COMMUNICATIONS

1. **Wireless Channels Modeling:** Modelli deterministici e statistici dei canali di propagazione. Propagazione per cammini multipli. Canali stazionari e canali tempo-varianti. Canali piatti e canali selettivi in frequenza. Canali di Rice e di Rayleigh. Probabilità di errore e probabilità di fuori servizio in canali di Rayleigh. Tecniche di trasmissione/ricezione in diversità. Modelli stocastici per canali tempo-varianti. Modello di Jakes-Clarke.
2. **Wideband Multicarrier Signaling:** Trasmissioni multi-portante su canali selettivi in frequenza. Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM). Densità spettrale di potenza e ricevitore ottimo per segnali OFDM. Implementazione digitale di un modem OFDM: prefisso ciclico, equalizzazione e stima di canale mediante portanti/toni pilota. Algoritmi di sincronizzazione e stima di frequenza per segnali OFDM.

Bibliografia e materiale didattico

LIBRO DI TESTO:

- Lezioni di Teoria dell'Informazione - M. Luise

MATERIALE DIDATTICO:

- Introduzione al corso
- Presentazione Assinform 2019
- C.E. Shannon, A Mathematical Theory of Communication, *Bell System Technical Journal*, vol. 27, pp. 379-423 and 623-656, July and October, 1948
- Confronto Codici Shannon-Fano e Huffman
- Codifica di Shannon-Fano ed estensione di una sorgente di informazione
- Prestazioni dei codici Turbo/LDPC e capacità di Shannon (slides)
- LDPC Coding for DVB-S2 (Hughes Original Paper)
- MIMO Communications: Modellistica elementare e capacità di Shannon (Prof. Luise)(slides, .pdf)
- Dispense sui sistemi a spettro espanso.

Modalità d'esame

Mandatory oral exam: for each module (IT & WC) 30 min. discussion about two main topics suggested by the examiner, and that the student must be capable to master in detail.

Altri riferimenti web

Teacher's Home Page: http://www.iet.unipi.it/m.luise/

Ultimo aggiornamento 22/12/2022 08:40