Universidad de Navarra

Comunicaciones digitales avanzadas (MIT)

Guía docente 2026-27

PRESENTACIÓN

Breve descripción:

This advanced course is divided in two parts. The first part consists in an introduction to quantum information with emphasis in quantum communications. The second part deals with principles and techniques underlying all modern high-capacity communication systems in various media, including wireless, wireline and optical fiber. Students will learn about coding, modulation, detection and diversity methods for maximizing energy efficiency and spectral efficiency.

- **Titulación**: Máster en Ingeniería de Telecomunicación
- **Módulo/Materia**: Tecnología de Telecomunicación / Teoría de la señal y la comunicación
- **ECTS**: 5 ECTS
- **Curso, semestre**: 1º, 2
- **Carácter**: Obligatorio
- **Profesorado**:
- Crespo Bofill, Pedro - Email: pcrespo@tecnun.es / Catedrático
- Dastbasteh, Reza- / Email: rdastbasteh@unav.es / Profesor colaborador (Colab. Docente)
- **Idioma**: Castellano

RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Competencias)

- RA2 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio
- RA5 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.
- RA6 - Capacidad para proyectar, calcular y diseñar productos, procesos e instalaciones en todos los ámbitos de la ingeniería de telecomunicación.
- RA16 - Capacidad para aplicar métodos de la teoría de la información, la modulación adaptativa y codificación de canal, así como técnicas avanzadas de procesado digital de señal a los sistemas de comunicaciones y audiovisuales.
- RA18 - Capacidad para implementar sistemas por cable, línea, satélite en entornos de comunicaciones fijas y móviles.
- RA20 - Capacidad para diseñar sistemas de radionavegación y de posicionamiento, así como los sistemas radar.

PROGRAMA

SYLLABUS

PART I: INTRODUCTION TO QUANTUM COMMUNICATION

1. Introduction: Probability and quantum mechanics

- State of a quantum system.
- State of a sequence of random variables.
- A brief review of sources and channels in classical information theory.

2. Quantum states, measurements and transformations

- Quantum states and the ket notation.
- Schrodinger equation.

- Transformations in closed quantum systems and Interference.
- Measurement.

3. Multi-qubit states and entanglement

- Composite quantum systems: Product and entanglement states.
- Another review of quantum gates.
- Local measurements.
- Measurement with density matrices.
- Partial trace and reduced density matrices.
- No communication theorem.
- Quantum protocols: Teleportation and superdense coding.

4. Open systems and quantum channels

- Open quantum systems: Quantum channels.
- Axiomatic approach to quantum evolutions: Choi-Kraus theorem.
- Examples of quantum channels.

5. Quantum information and entropy measurements

- Quantum entropy and properties.
- Conditional quantum entropy.
- Naive approach to classical communications across quantum channels.

PART II: CODING THE AWGN CHANNEL

1. Introduction to Information Theory

- The role of information theory in point-to-point digital communications.
- The gap between uncoded performance and the Shannon limit.
- Normalized SNR and Eb/N0.
- Power-limited and bandwidth-limited channels.

2. Performance of M-PAM and (M ×M)-QAM versus the Shannon limit

- Power-limited baseline vs. the Shannon limit.
- Bandwidth-limited baseline vs. the Shannon limit.
- More on gap and capacity.

3. Introduction to binary block codes: Binary signal constellations

- Binary linear block codes as binary vector spaces.
- Euclidean constellations of binary linear block codes.
- Reed-Muller (RM) codes.
- Decoding linear block codes.

4. Linear binary convolutional codes

- Algebraic structure of a convolutional code.
- Polynomial encoders.
- Catastrophic encoders.
- Estimation of error probability in convolutional codes.
- Best known short-constraint-length codes.

PART III: THE WIRELESS CHANNEL

1. Time varying linear systems

2. Input/output model of the wireless channel

- Time and frequency coherence.
- Delay spread and coherence bandwidth.

3. Statistical channel models

- Rayleigh and Rician fading.
- The Wide Sense Stationary Uncorrelated Scattering (WSSUS) channel model.

4. Detection in a Rayleigh fading channel

- Non-coherent detection.
- Coherent detection.

5. Diversity

- Time diversity.
- Space diversity.
- Frequency diversity.

6. Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)

- Review of Discrete Fourier Transform.
- Basic principle of OFDM.
- Frequency diversity in OFDM.

ACTIVIDADES FORMATIVAS

Exercises

EVALUACIÓN

CONVOCATORIA ORDINARIA

The evaluation will be based on:

- Midterm exam: 10%.
- Implementation of an LDPC encoder/decoder: 40%.
- Final exam: 50%.

CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA

The evaluation will be based on:

- Final exam: 100%.

HORARIOS DE ATENCIÓN

Prof. Pedro Crespo **(pcrespo@unav.es)**

- Despacho D24. Edificio Ibaeta. Planta 1
- Horario de tutoria: Ponerse en contacto con el profesor

BIBLIOGRAFÍA

Universidad de Navarra

- Class Notes.
- Fundamentals of Wireless Communication, by D. Tse and P. Viswanath, Cambridge University Press, May 2005. Localízalo en la biblioteca

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

- Wireless Communications, Andrea Goldsmith, Cambridge University Press, 2005. Localízalo en la biblioteca